Esc. 4-107 "Ejército Argentino"
Física 3°1° - 3°2°

Profesor: Fernando Barrigón

Alumno:

GUÍA N° 6 COMPOSICIÓN DE FUERZAS PARALELAS

Actividad N° 1-

Siguiendo las técnicas de lectura comprensiva, leer el texto adjunto y responder el cuestionario

- Preg 1- ¿Cuándo decimos qué un sistema es de fuerzas paralelas? ¿Qué debemos tener en cuenta?
- Preg 2- Cuándo las fuerzas de un sistema, son paralelas y de igual sentido? ¿Cuáles son las consecuencias? Dé un ejemplo.
- Preg 3- ¿Cómo se calcula la resultante de un sistema de fuerzas paralelas? Dé un ejemplo.
- Preg 4- ¿Cómo se establece la condición de equilibrio de un sistema de fuerzas paralelas? desarrolle un ejemplo Figura 5-4.
- Preg 5- Regla de STEVIN, relación entre las fuerzas y la resultante Figura 5-5 Desarrolle la respuesta según el ejemplo.
- Preg 6- Describa la comprobación geométrica Figura 5-6.
- Preg 7- Método gráfico para la determinación de la resultante y el punto de aplicación de la misma en un sistema de fuerzas paralelas Figura 5-7.
- Preg 8- Observando la figura 5-8 y el ejemplo dado en la figura 5-9, a qué conclusiones llegamos en el análisis de un sistema de fuerzas paralelas de DISTINTO sentido.
- Preg 9- ¿Cuál sería la generalidad de esta propiedad?
- Preg 10- Describa el método para calcular el punto de aplicación de la resultante de dos fuerzas paralelas de sentido contrario Figura 5-10.
- Preg 11- ¿Cómo se justifica este método y cuál es la comprobación geométrica? Figura 5-11
- Preg 12- En el caso de ser más de dos las fuerzas paralelas de igual sentido: ¿Cómo se halla la resultante? Figura 5-12
- Preg 13- Cuando las fuerzas paralelas son de igual intensidad y sentido contrario ¿Cómo se le denomina? Explique el fenómeno Figura 5-13
- Preg 14- ¿Cómo se establece el momento de una cupla? Demostración Figuras 5- 14, 15, 16 Dé ejemplo de cuplas.

Centro de Gravedad

- Preg 15- ¿Qué es el centro de gravedad o baricentro? figuras 5-19,20,21
- Preg 16- ¿Cómo se determina, en forma práctica el centro de gravedad de un cuerpo? Figura 5-22
- Preg 17- ¿Cuando un cuerpo suspendido está en equilibrio? ¿Qué tipos de equilibrio existen en los cuerpos suspendidos? Figuras 5-23,24,25,26,27,28 Ejemplo de equilibrio indiferente Figura 5-29
- Preg 18- ¿Cuando un cuerpo APOYADO está en equilibrio ?¿Qué tipos de equilibrio existe en los cuerpos APOYADOS ? Figuras 5-30,31,32,33,34 Explique cómo ejemplo el caso de equilibrista.

Actividad N° 2

Siguiendo los métodos ya establecidos para la resolución de ejercicios, desarrollar los dados a continuación.

En los siguientes ejercicios siempre deberá realizarse la solución gráfica y analítica, y para todos los casos las escalas de la gráfica serán

Esc1= 10 kgf / 1 cm Esc2= 1 m / 2 cm

- Ejerc 1- Calcula la resultante y el punto de aplicación correspondiente a 2 fuerzas paralelas de igual sentido de 10 kgf y 35 kgf, separada por una distancia de 4,5m.
- Ejerc 2- Calcula la resultante y el punto de aplicación correspondiente al sistema de 2 fuerzas paralelas de sentido contrario siendo F1 = 20 kgf y F2 = 45 kgf separadas por una distancia de 1,2 m
- Ejerc 3- En una barra de hierro de 2,4 m, apoyada en sus extremos, se a colgado un cuerpo de 120 kgf a 60 cm de uno de sus extremos ¿Cuál será la fuerza qué se ejerce en cada extremo?

COMPOSICION DE FUERZAS PARALELAS

COMPOSICION DE DOS FUERZAS PARALELAS

En el estudio de la composición de fuerzas paralelas debemos tener en cuenta dos casos:

a) *Que las fuerzas tengan el mismo sentido.*

b) *Que las fuerzas tengan distinto sentido.*

Fuerzas paralelas de igual sentido

Los objetos colocados en el soporte (fig 5-1) y los caballos tirando de un carro (fig. 5-2) son casos típicos de fuerzas paralelas de igual sentido.

Según lo indicado en la figura 5-3, observamos que cuando el señor se coloca en la balanza con los dos hijos en brazos, la balanza marca más que cuando está sin ellos.

¿Qué acción ejercen los niños? La de dos fuerzas de dirección y sentido iguales.

La diferencia de pesos observada indica el peso de los dos niños. Por ejemplo:

$$100 \text{ kgf} - 75 \text{ kgf} = 25 \text{ kgf}.$$

Si uno de los niños pesa 10 kgf ($F_1 = 10$ kgf) y el otro pesa 15 kgf ($F_2 = 15$ kgf), los 25 kgf de la diferencia anterior representan la resultante entre las dos fuerzas, es decir, entre los pesos de los niños.

De lo expuesto se deducen dos consecuencias.

CONSECUENCIA PRIMERA. *La resultante es igual a la suma de las fuerzas actuantes y tiene el mismo sentido que ellas.*

En símbolos:

$$\bar{R} = \bar{F_1} + \bar{F_2}$$

Realicemos esta experiencia. En los extremos de una regla graduada (fig. 5-4) coloquemos dos pesos conocidos: por ejemplo, en A un peso de 100 gramos y en B uno de 400. Con una chinche fijemos un hilo donde marca los 24 cm. Suspendamos todo el sistema por este hilo y observaremos que *se mantiene en equilibrio con un contrapeso de 500 gf.*

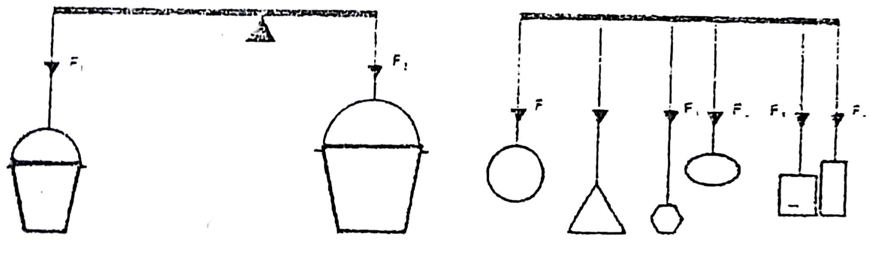


Fig. 5-1. *Ejemplo de fuerzas paralelas.*

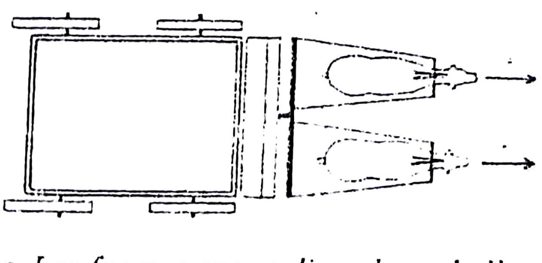


Fig. 5-2. *Fuerzas paralelas: Las fuerzas que realizan los caballos son paralelas de igual sentido.*

Si pasamos MF_2 al primer miembro quedará $MF_1 - MF_2 = 0$ que indica, *cuando el sistema está en equilibrio, la suma algebraica de los momentos es igual a cero.*

Relación entre las fuerzas y la resultante. Regla de Stevin

Dijimos que se cumple:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

De la propiedad de las proporciones referente a la suma de antecedentes y consecuentes estudiada en Matemática de 2º año se obtiene que:

$$\frac{F_1}{a_2} = \frac{F_2}{a_1} \Rightarrow \frac{F_1 + F_2}{a_1 + a_2}$$

pero

$$F_1 + F_2 = R \quad y \quad a_1 + a_2$$

es el segmento a que une las fuerzas, luego queda

$$\frac{F_1}{a_2} = \frac{F_2}{a_1} = \frac{R}{a}$$

(expresión llamada regla de Stevin)

Esta expresión permite calcular cada uno de esos elementos conociendo tres de ellos.

Por ejemplo: dadas dos fuerzas

$$F_1 = 30 \text{ kgf} \ \ y \ F_2 = 28 \text{ kgf}$$

situadas a 2,9 m una de otra, calcular:

1º la resultante;

2º cada uno de los segmentos que determina esa resultante sobre el segmento que une las fuerzas (fig. 5-5).

$$\frac{F_1}{a_2} = \frac{F_2}{a_1} = \frac{R}{a}$$

como

$F_1 = 30$ kgf
$F_2 = 28$ kgf es $R = 30 \text{ kgf} + 28 \text{ kgf} = 58 \text{ kgf}$
$a = 2,9$ m

Luego

$$R = 58 \text{ kgf}$$

Considero ahora la 1ª y la 3ª razón, es decir

$$\frac{F_1}{a_2} = \frac{R}{a}$$

reemplazando es:

$$\frac{30 \text{ kgf}}{a_2} = \frac{58 \text{ kgf}}{2,9 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow \quad a_2 = \frac{30 \text{ kgf} \ 2,9 \text{ m}}{58 \text{ kgf}} = 1,50 \text{ m}$$

$$a_2 = 1,5 \text{ m}$$

Trabajemos ahora con la 2ª y la 3ª razón, tenemos

$$\frac{F_2}{a_1} = \frac{R}{a}$$

Reemplazando

$$\frac{28 \text{ kgf}}{a_1} = \frac{58 \text{ kgf}}{2,9 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow \quad a_1 = \frac{28 \text{ kgf} \ 2,9 \text{ m}}{58 \text{ kgf}} = 1,40 \text{ m}$$

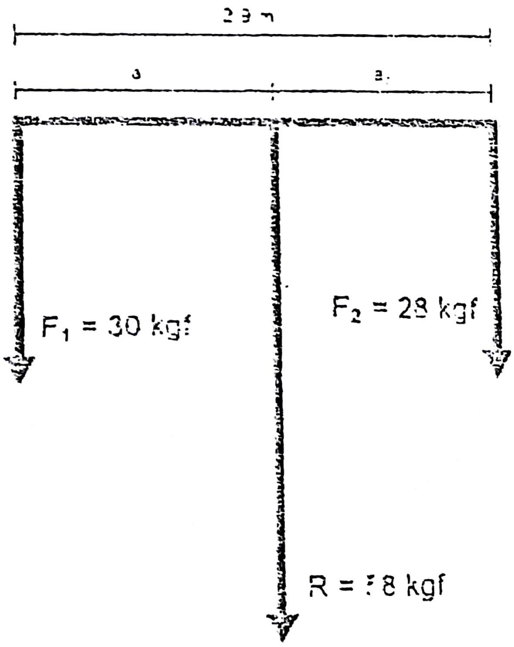


Fig. 5-5.

c) Unimos N con T, y queda determinado el punto P, que es el de aplicación de la resultante cuya intensidad es

$$F_1 + F_2$$

Justificación

Los triángulos $\overset{\Delta}{MPN}$ y $\overset{\Delta}{PST}$ son semejantes, luego

$$\frac{MN}{ST} = \frac{NP}{PT} = \frac{MP}{PS}$$

pero

$$ST = F_2;\ MN = F_1;$$

de lo cual resulta.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{MP}{PS}$$

relación que responde a lo ya verificado

Fuerzas paralelas de distinto sentido

Sea el sistema de la figura 5-8, formado por dos fuerzas paralelas de sentido contrario.

Realicemos la experiencia indicada en la figura 5-9.

Sobre la regla aplicamos

$$F_1 = 3 \text{ kgf}$$

y

$$F_3 = 6 \text{ kgf}$$

que son paralelas y de igual sentido

La fuerza

$$F_2 = 9 \text{ kgf}$$

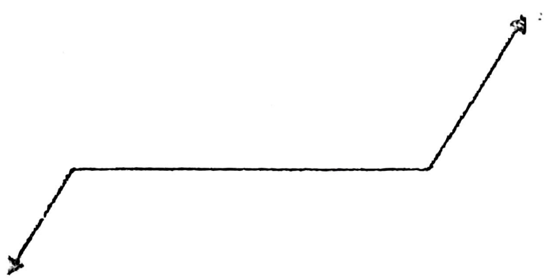


Fig. 5-8. *Fuerzas paralelas de sentido contrario.*

es la equilibrante, fuerza de sentido contrario a la resultante.

Luego F_1, F_2 y F_3 estan en equilibrio.

Consideremos ahora el sistema como formado por:

$$F_1 = 3 \text{ kgf}$$

y

$$F_2 = 9 \text{ kgf}$$

fuerzas paralelas de distinto sentido.

Como el sistema sigue en equilibrio es ahora F_3 la equilibrante, de sentido contrario a la resultante y cuyo valor es la diferencia entre F_1 y F_2.

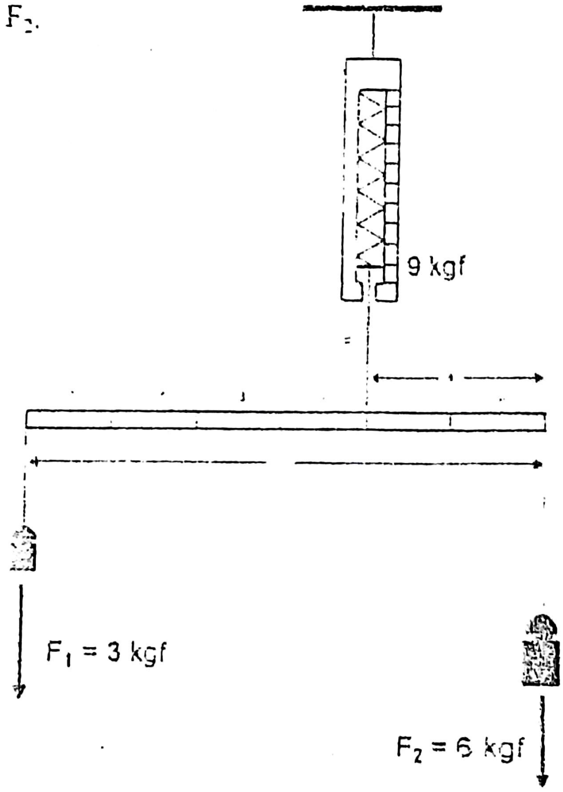


Fig. 5-9. *Comprobación experimental.*

1ª Conclusión. La resultante de dos fuerzas paralelas de sentido contrario es igual a la diferencia entre las fuerzas dadas.

Observemos ahora la ubicación y el sentido de R, será opuesta a F_3.

2ª Conclusión. La resultante de dos fuerzas paralelas de sentido contrario tiene el sentido de la mayor fuerza y está situada en un punto exterior al segmento que une dichas fuerzas.

De lo expuesto surge:

La resultante de dos fuerzas paralelas de sentido distinto es otra fuerza paralela a las dadas cuya intensidad es igual a la diferencia de las intensidades de las fuerzas dadas y su sentido es igual al de la fuerza mayor. El punto de aplicación está situado fuera del segmento que une las fuerzas y del lado de la mayor.

Analicemos ahora la relación entre las intensidades de las fuerzas y los segmentos determinados entre las dos fuerzas y la resultante y observemos que

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

o sea

$$3 \text{ kgf} \cdot 6 \text{ m} = 9 \text{ kgf} \cdot 2 \text{ cm}$$

$$18 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 18 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

De la expresión

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

resulta que

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

relación que indica:

Las fuerzas son inversamente proporcionales a los segmentos determinados respecto de la resultante.

De todo lo explicado resulta, como en el caso de las fuerzas paralelas de igual sentido, que se cumple la relación de Stevin.

$$\frac{F_1}{a_2} = \frac{F_2}{a_1} = \frac{R}{a}$$

deducida al aplicar la diferencia de antecedentes y consecuentes.

Ahora bien: dijimos que se cumple

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

pero $F_1 \cdot a_1$ es el momento de F_1 respecto del punto O y $F_2 \cdot a_2$ es el momento de F_2 respecto del púnto O (fig. 5-9).

Luego, para el sistema equilibrado se cumple

$$MF_1 = MF_2 \quad \therefore \quad MF_1 - MF_2 = 0$$

lo cual indica que para el sistema de equilibrio la suma de los momentos es igual a cero

Generalización de esta propiedad

Toda vez que se apliquen a una barra o cuerpo rígido, varias fuerzas, podremos aplicar la propiedad que surge del llamado teorema de los momentos.

En un sistema en equilibrio, la suma algebraica de los momentos de las fuerzas con respecto a un punto dado es igual a cero.

$$MF_1 + MF_2 + MF_3 - MF_4 = 0$$

Ejemplo:

$$MF_1 + MF_2 + MF_3 - MF_4 = 0$$

Signo de $MF_1 = -$
$MF_2 = -$
$MF_3 = -$
$MF_4 = +$

luego es

$$MF_1 - MF_2 - MF_3 - MF_4 = 0$$

Método gráfico para calcular el punto de aplicación de la resultante de dos fuerzas paralelas de sentido contrario

Ya hemos deducido la dirección, sentido e intensidad de la resultante, nos falta ahora determinar el punto de aplicación.

Para ello procedemos así (fig. 5-10):

a) Sobre la dirección de F_2, y en sentido contrario, hacemos

$$AM = \bar{F}_1$$

b) Sobre F_1 construimos

$$BN = \bar{F}_2$$

c) La recta determinada por M y N corta la prolongación de AB en 0. Este punto 0 es el de aplicación de la resultante cuya intensidad es

$$F_2 - F_1$$

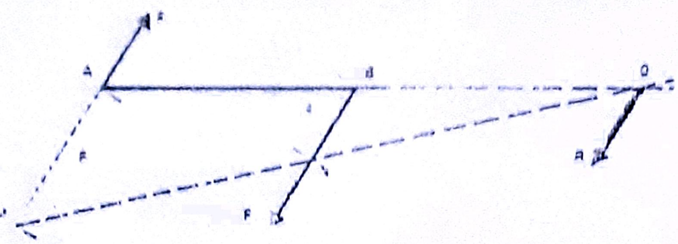


Fig. 5-10.

Justificación

Consideramos los triángulos semejantes: OMA y ONB (por tener un par de lados paralelos). En ellos se cumple:

$$\frac{MA}{NB} = \frac{OA}{OB} \qquad (1)$$

pero

$MA = \bar{F}_1$ por construcción

$NB = \bar{F}_2$ por construcción

reemplazando en (1) es:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{OA}{OB}$$

es decir, cumple la relación ya verificada.

Comprobación geométrica

a) Dado el sistema F_1 y F_2 $(F_1 > F_2)$ de la figura 5-11 aplicamos en A y B dos fuerzas f_1 y f_2 de igual intensidad y sentido contrario (se anulan, no alteran el sistema).

b) Determinamos las resultantes parciales
R_1 entre F_1 y f_1.
R_2 entre F_2 y f_2.

c) Trazamos las direcciones de R_1 y R_2 hasta que se corten en P; a partir de este punto trasladamos R_1 y R_2 (son R'_1 y R'_2).

d) Aplicando la regla del paralelogramo, hallamos la resultante R entre R'_1 y R'_2 que, trasladada sobre su dirección, queda aplicada en O.

e) Comparemos los triángulos semejantes (por tener un par de lados paralelos).

En $\overset{\Delta}{AOP} \sim \overset{\Delta}{AF_1R}$ es $\quad \frac{\bar{F}_1}{\bar{f}_1} = \frac{PO}{OA}$

y

En $\overset{\Delta}{BOP} \sim \overset{\Delta}{BF_2R_2}$ es $\quad \frac{\bar{F}_2}{\bar{f}_2} = \frac{OP}{OB}$

dividiendo m.a m. estas dos proporciones, resulta

$$\frac{F_1}{f_1} \div \frac{F_2}{f_2} = \frac{PO}{AO} \div \frac{OP}{OB}$$

luego:

$$\frac{F_1 f_2}{f_1 F_2} = \frac{PO \; OB}{AO \; OP}$$

que simplificada ($f_1 = f_2$), queda

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA}$$

expresión que coincide con lo deducido anteriormente.

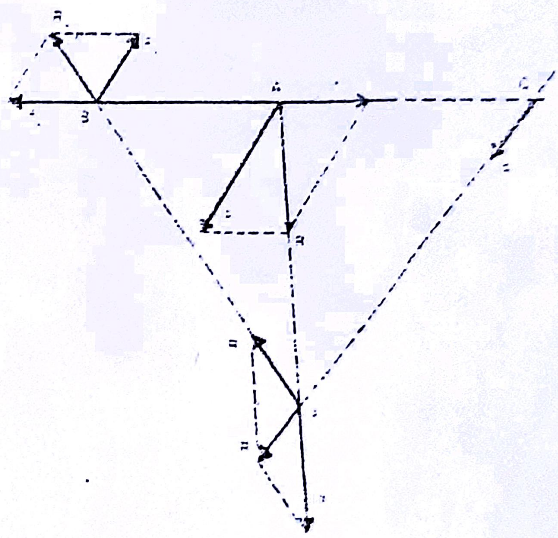


Fig. 5-11.

Otro método para hallar la resultante de varias fuerzas paralelas de igual sentido

Podemos, en este caso, aplicar el proceso del polígono funicular:

1º Dadas F_1, F_2, F_3 y F_4 (fig. 5-12) las trasladamos en forma consecutiva para obtener la resultante (fig. 5-12 b).

2º Determinados el punto P —llamado polo— unimos el polo con los extremos y cada punto de unión de los vectores trasladados, es decir P con A, P con B, P con C, P con D y P con E, que son los rayos polares.

3º A partir de un punto cualquiera M (fig. 5-12a), trazamos a // a' hasta cortar F_1. Desde ese punto b // b' hasta cortar F_2, desde este punto c // c' y así sucesivamente hasta trazar e // e'.

Prolongamos a y e hasta que determinen el punto O. Por este punto pasará la resultante R = R'.

CUPLAS O PAR DE FUERZAS

Denomínase cupla o par al sistema de fuerzas paralelas de igual intensidad y sentido contrario (fig. 5-13).

En símbolos:

$$\bar{F}_1 = - \bar{F}_2$$

La cupla o par es un caso particular del sistema de fuerzas paralelas de distinto sentido. Si aplicamos lo estudiado en aquel caso

$$R = \bar{F}_1 - \bar{F}_2$$

pero, como

$$\bar{F}_1 = \bar{F}_2$$

es

$$R = 0$$

Resulta, entonces, que no es posible reemplazar la cupla o par por una fuerza resultante y, recíprocamente, no puede reemplazarse una fuerza por un par (pero la acción de una fuerza sí puede ser reemplazada por la acción de un par).

Momento de una cupla

Si bien el par o cupla tiene la resultante nula, posee un efecto que es de rotación. Si hay rotación, existe un momento; en consecuencia, la cupla tiene un efecto de giro o rotación representado por su momento, de ahí que necesitemos definirlo.

Momento de una cupla es el producto de una cualquiera de sus fuerzas por la distancia existente entre ellas (la distancia está dada por el segmento de perpendicular entre las dos direcciones a las fuerzas).

La distancia entre las fuerzas se llama brazo de la cupla.

En símbolos:

$$M = F \cdot d \qquad \text{(fig. 5-15)}$$

Demostración

Para que la cupla esté en equilibrio, debe cumplirse también el teorema de los momentos.

En consecuencia, en el equilibrio es (fig. 5-16).

$$*\Sigma M = F_1 \cdot AB - F_2 \cdot AC$$

y como

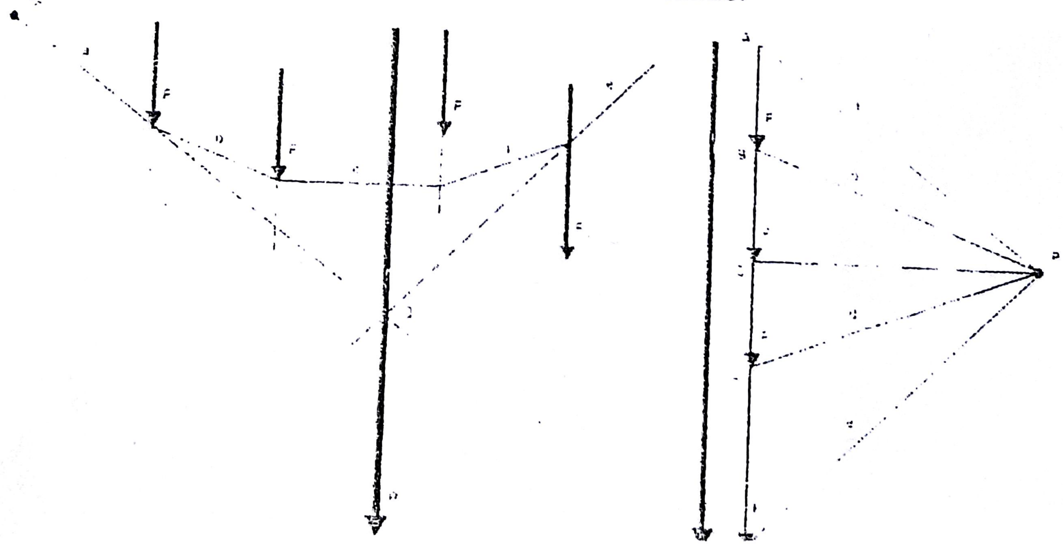
$$F_1 = F_2$$

(las fuerzas son iguales entre sí),

es

$$\Sigma M = F \cdot AB - F \cdot AC$$

factoreando:



$$\Sigma M = F\ (AB + AC)$$

o sea:

$$\Sigma M = F\ \ BC$$

*Σ M: Suma de los momentos.

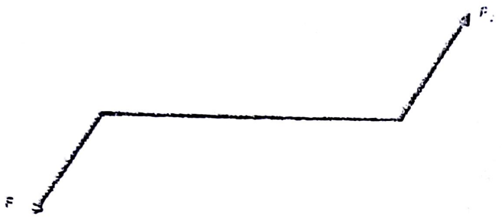


Fig. 5-13. *Cupla.*

Si el punto A es interior, ambos momentos son positivos, o sea:

$$\Sigma M = F_1\ AB + F_2\ BC$$

luego:

$$\Sigma M = F\ (AB + AC)$$

o sea:

$$\Sigma M = F \cdot BC$$

es decir, la suma de los momentos es distinta de cero, por tanto el sistema es irreductible.

Físicamente ello se interpreta, según lo ya expresado, por el efecto de rotación.

Se dice que dos cuplas son équivalentes cuando sus momentos son iguales.

Representación de una cupla

Toda la cupla se representa por un vector perpendicular al plano de la cupla cuya intensidad es igual a la del momento de la cupla.

Ese vector se llama rotor.

La dirección del rotor coincide con el eje de rotación que origina la cupla. El sentido del rotor es igual al que tiende a desplazar el cuerpo por acción de esa cupla (fig. 5-17).

Observando la cupla desde el extremo del rotor, tendrá momento positivo o negativo si tiende a girar en sentido contrario a las agujas del reloj o en el mismo sentido, respectivamente (fig. 5-18).

El punto de aplicación del rotor es optativo, puede aplicarse en cualquier punto del plano, ya que la cupla puede trasladarse sobre su plano sin que altere su efecto.

Gracias a esta posibilidad pueden componerse dos o más cuplas por simple composición de sus rotores representativos (fig. 5-19).

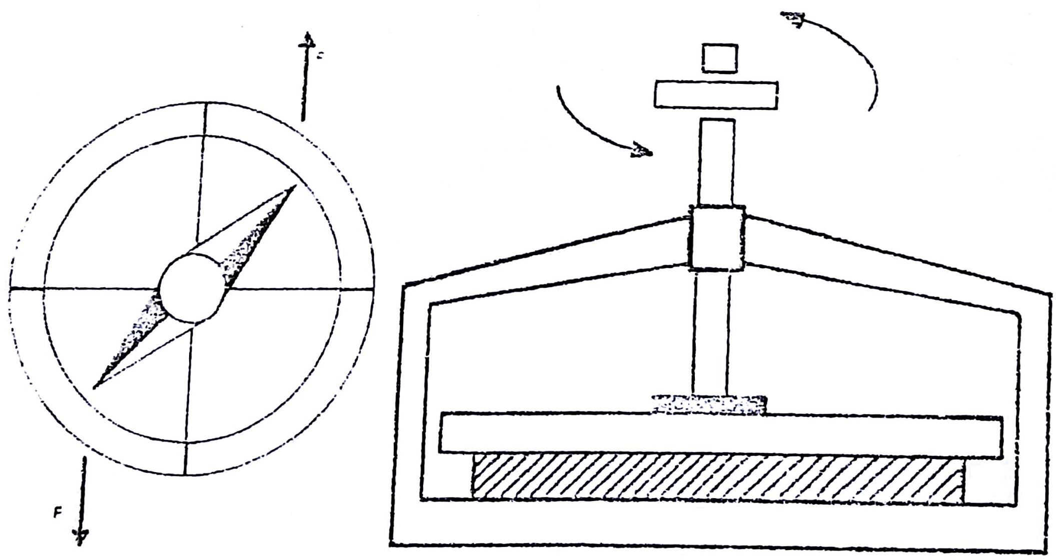


Fig. 5-14. *Ejemplos de cuplas.*

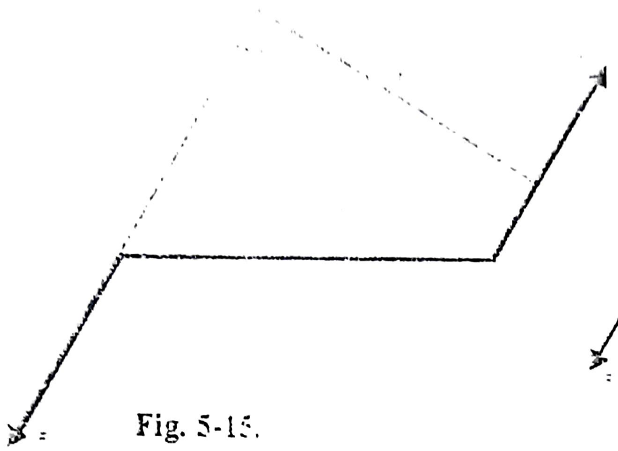


Fig. 5-15.

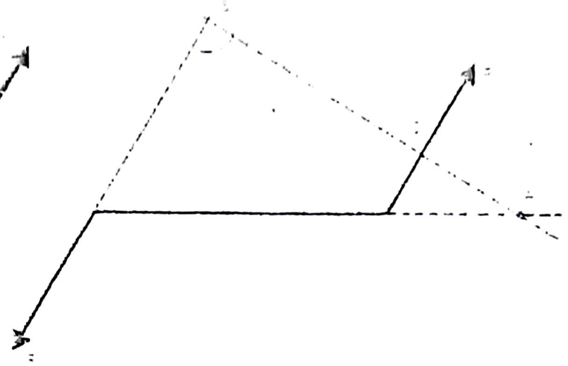


Fig. 5-16. *Momento de una cupla.*

Otros ejemplos de cuplas

Cuando abrimos o cerramos una puerta, cuando ajustamos o aflojamos una tuerca con llave inglesa, estamos en presencia de cuplas, aunque no "se vea" la otra fuerza que está representada por la reacción en la bisagra o en el tornillo.

Casos como los ejemplificados y otros similares ponen en evidencia la existencia de una cupla.

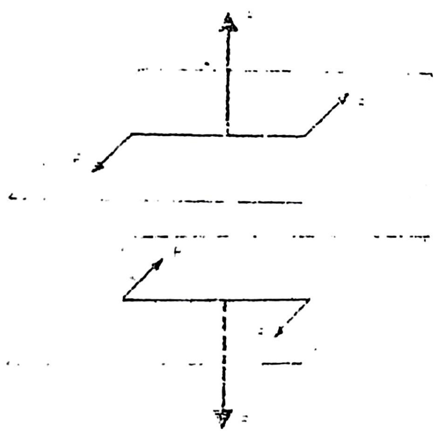


Fig. 5-17.

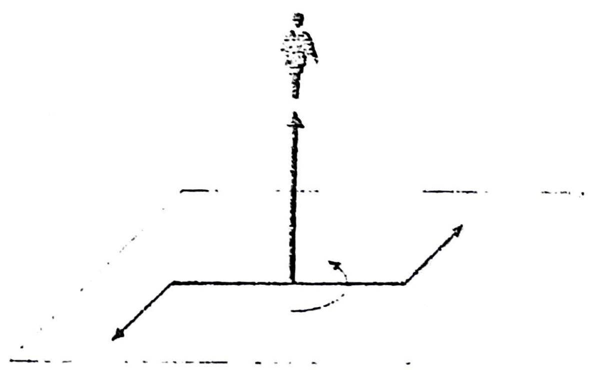
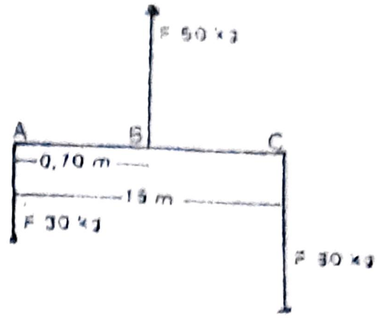


Fig. 5-18. *Rotor.*

Una barra AB de 1,5 m y peso despreciable está sometida a la acción de tres fuerzas verticales como indica la figura. Determina:

a) La suma algebraica de las fuerzas aplicadas a la barra.

b) La suma algebraica de los momentos con respecto a los puntos A, B y C respectivamente.



CENTRO DE GRAVEDAD

Ya hemos dicho que el peso de un cuerpo depende de la mayor o menor atracción que ejerce la fuerza de gravedad sobre él.

Centro de gravedad o baricentro

Si la fuerza de gravedad actúa sobre los cuerpos situados sobre la Tierra, cada partícula de ellos estará sujeta a la misma acción.

En el cuerpo de la figura 5-20, supongamos partículas elementales cuyo peso estaría representado por los vectores F. Luego, el peso de cada partícula por el número total de ella nos dará el peso total P.

En símbolos:

F + F + F + ...+ F = P (peso total)

Ahora bien, si todas las fuerzas F tienen la misma dirección, es decir, son paralelas, la resultante es la suma de todas ellas, y su punto de aplicación es único. A este punto de aplicación de la fuerza P lo llamamos *centro de gravedad* (G) del cuerpo, o baricentro.

CENTRO DE GRAVEDAD (o baricentro) *es el punto de aplicación de la fuerza peso de un cuerpo.*

Como ya hemos explicado, la fuerza puede trasladarse sobre su dirección sin que altere su efecto, de ello surge la gran importancia de la dirección de la fuerza.

En síntesis, lo vital es la dirección y no su punto de aplicación; por esto decimos:

Centro de gravedad de un cuerpo es el punto por donde pasa la recta de acción (dirección) del peso del cuerpo (fig. 5-21).

Determinación práctica del centro de gravedad de un cuerpo

Para determinar el centro de gravedad de un cuerpo cualquiera, procedemos así:

1º Suspendemos el cuerpo por un punto A y marcamos sobre él la dirección de la vertical (plomada) AB (fig. 5-22).

2º Suspendemos ahora el cuerpo por un punto C y marcamos sobre él la dirección vertical (plomada) CD.

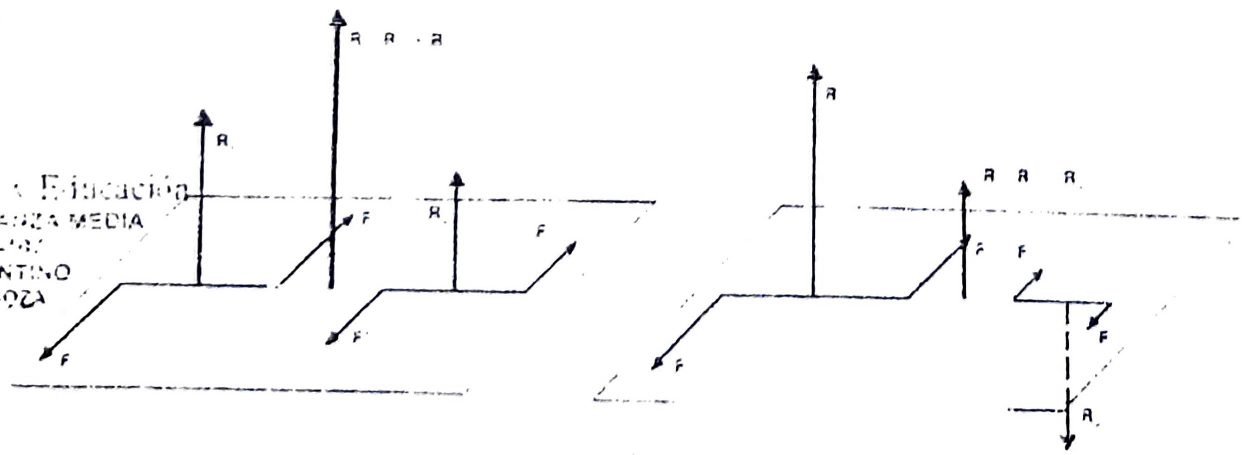


Fig. 5-19. *Composición de cuplas. Se suman o restan los rotores.*

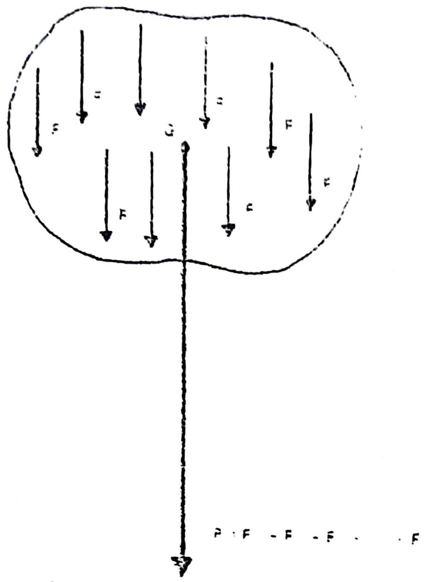


Fig. 5-20. *Centro de gravedad. La resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo pasa por G.*

3º La intersección de las dos direcciones (AB y CD) nos determina el punto G, que es el centro de gravedad buscado.

Este procedimiento queda justificado según la definición que hemos dado más arriba.

En la figura 5-23 damos las posiciones de los centros de gravedad (G) en un triángulo, circunferencia, cilindro, paralelogramo, pirámide y cono.

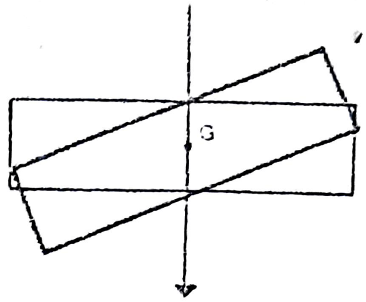


Fig. 5-21. *La fuerza peso pasa por el centro de gravedad.*

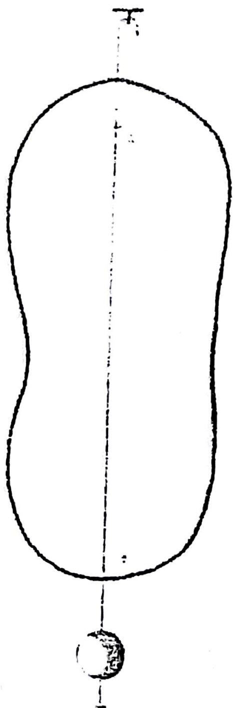
EQUILIBRIO DE LOS CUERPOS

Para el estudio de este tema, debemos considerar el caso de los cuerpos suspendidos y el de los cuerpos apoyados.

Equilibrio de los cuerpos suspendidos

Hemos dicho que el centro de gravedad es el punto por donde pasa la recta de acción de la fuerza peso.

Ahora bien: para que el cuerpo suspendido se encuentre en equilibrio, la dirección de la fuerza peso deberá pasar por el punto de suspensión. De tal modo, la reacción del soporte anula la acción del peso, y el sistema permanece en equilibrio.



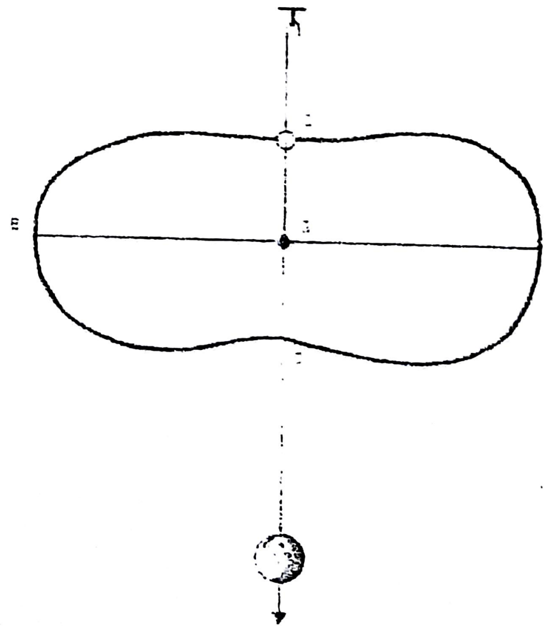


Fig. 5-22. *Determinación práctica del centro de gravedad G.*

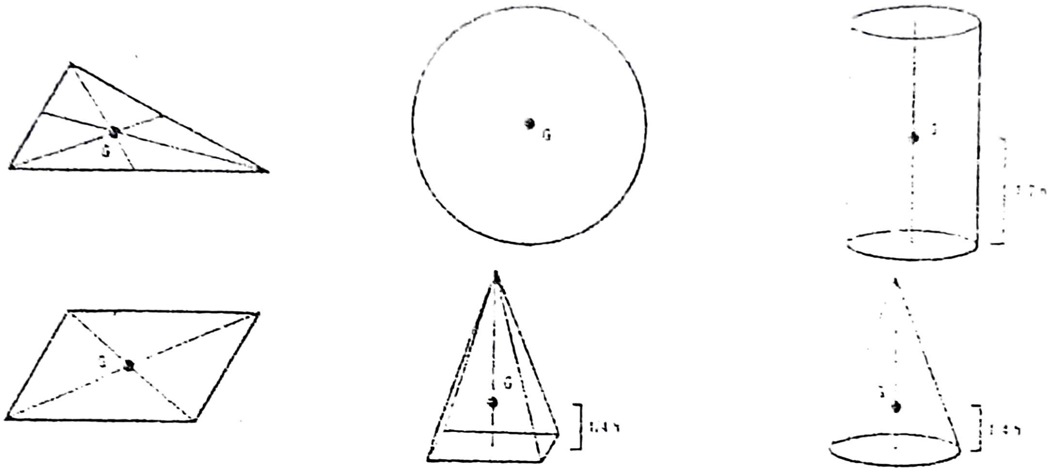


Fig. 5-23.

En el caso de los cuerpos suspendidos, consideraremos:

a) *Equilibrio estable.*
b) *Equilibrio inestable.*
c) *Equilibrio indiferente.*

Equilibrio estable. Un cuerpo suspendido está en equilibrio estable cuando el punto de suspensión se encuentra colocado sobre el centro de gravedad de aquél (fig. 5-24).

Recibe este nombre porque, si por acción de una fuerza cualquiera F, sacamos al cuerpo de su posición de equilibrio, éste tiende a recuperarla. En efecto, observando la figura, notaremos la existencia de la cupla F_1 y F_2

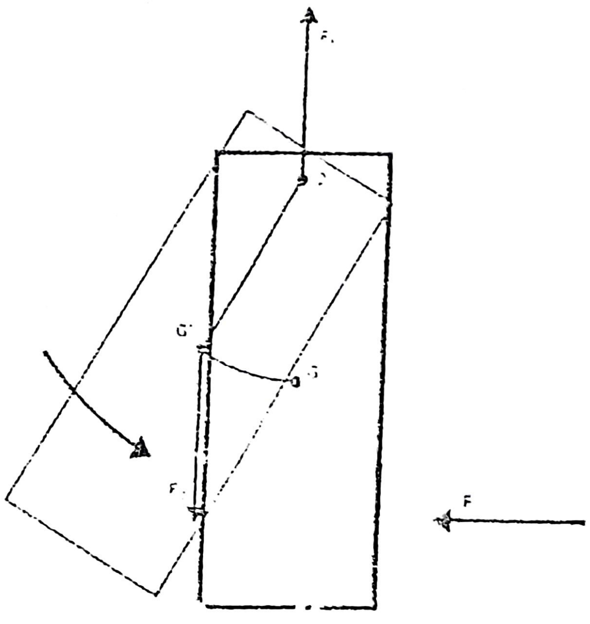


Fig. 5-24. *Equilibrio estable. El centro de gravedad está debajo del punto de suspensión.*

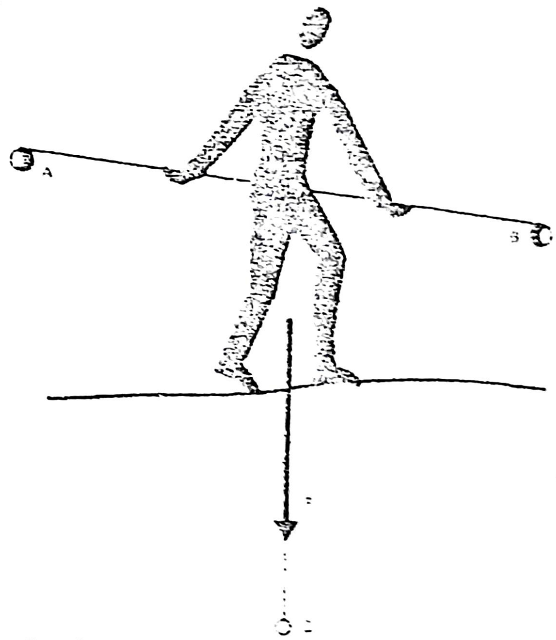


Fig. 5-25. *Centro de gravedad fuera del cuerpo. Equilibrio.*

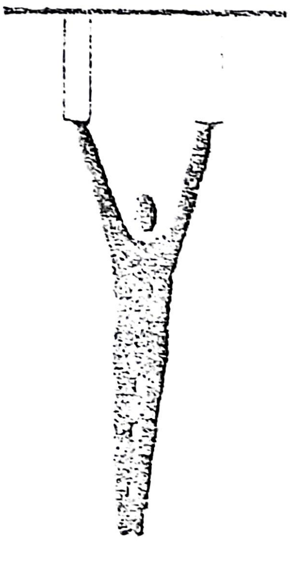


Fig. 5-26. *Ejemplo de equilibrio estable.*

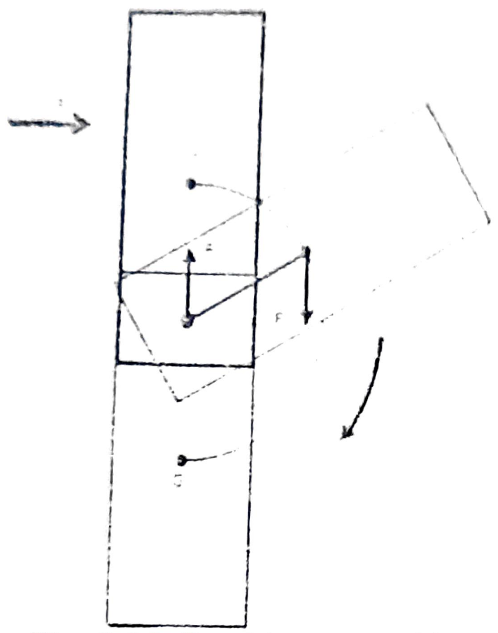


Fig. 5-27. *Equilibrio inestable*

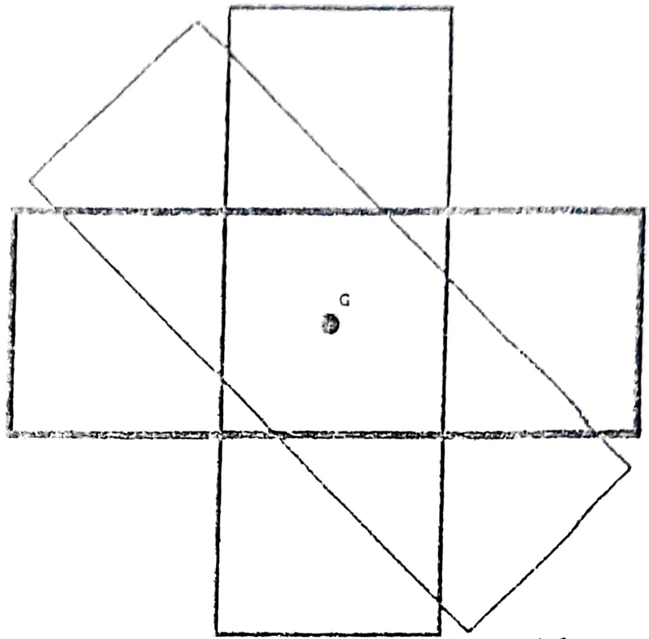


Fig. 5-28. *Equilibrio indiferente.*

notaremos la existencia de la cupla F_1 y F_2 que tiende a hacer volver al cuerpo a su posición primitiva, es decir, hace que el centro de gravedad ocupe la posición más baja posible, y en algunos casos fuera del cuerpo (fig. 5-25)

Equilibrio inestable. Un cuerpo suspendido está en equilibrio inestable cuando el punto de suspensión se halla colocado debajo del centro de gravedad.

La designación de inestable está justificada por el hecho de que si una fuerza cualquiera F (figs. 5-26 y 5-27) saca al cuerpo de su posición de equilibrio, el centro de gravedad pasa a estar en G', debajo del punto de suspensión. También en este caso notamos la existencia de la cupla F_1 F_2, cuya acción y posición hacen que el centro de gravedad pase a ocupar la posición G'.

Equilibrio indiferente. Decimos que un cuerpo suspendido está en posición de equilibrio indiferente cuando su punto de suspensión coincide con el centro de gravedad del cuerpo.

En este caso, cualquier posición que adopte el cuerpo le permite estar en equilibrio (figs. 5-28 y 5-29), lo cual es posible porque la cupla actuante F_1 F_2 es nula.

Recordemos que todo proceso de giro o desplazamiento implica la idea de momento, por lo cual este fenómeno del equilibrio está íntimamente relacionado con el concepto de momento. Por ello diremos.

a) Un cuerpo suspendido está en equilibrio estable cuando, provocado un desplazamiento virtual en él, se produce un momento que tiende a hacerlo volver a su posición primitiva.

Fig. 5-29. *Ejemplo de equilibrio indiferente. La rueda y la hélice.*