Principio de independencia de los movimientos de Galileo

Cuando se tiene un Movimiento Compuesto, es decir, aquel donde se superponen dos movimientos simples, CADA UNO DE ELLOS SE REALIZA COMO SI EL OTRO NO EXISTIESE.

a) De este modo, diremos que podemos tener dos movimientos rectilíneos uniformes actuando en un determinado caso, como por ejemplo, cuando un bote que va a determinada velocidad va a cruzar un río cuya corriente tiene otra velocidad. Aquí podemos estudiar cada movimiento por separado y ello nos ayudará en su solución.

b) También hay movimiento compuesto cuando se lanza horizontalmente un cuerpo y éste empieza a caer, describiendo una trayectoria parabólica. Podemos estudiar por separado la caída libre vertical (MRUA) y el desplazamiento horizontal (MRU) teniendo en cuenta que ambos movimientos tienen en común EL TIEMPO.

.....V→.....

☻ ____ ☻ →V

.....I.... ☻ →

.....I..... ☻ →

.....I..... ☻ →

.....h.I..... ☻ →

.....I..... ☻ →

.....I..... ☻ →

.....I..... ☻ →

.....I..... ☻ →

…….I..... ☻ →

.....I-------e------I

c) El movimiento compuesto también se presenta en el lanzamiento de proyectiles, pues, la trayectoria descrita por un proyectil es una parábola. El tiro parabólico se puede estudiar como resultado de la composición de dos movimientos:

a) Un movimiento vertical, rectilíneo uniformemente acelerado

b) Un movimiento horizontal, rectilíneo uniforme.

.....Vy

.....↑..... ☻ →.....

.....↑... ☻ →..... ☻ →...↑

....↑... ☻ →.....↓..... ☻ →

↑. ☻ →.....↓ ☻ →...

☻ →_____↓_ ☻ →Vx

..I----------e---------- I...

Como dije, estos dos movimientos tienen en común EL TIEMPO:

- El tiempo que tarda el móvil en recorrer la trayectoria parabólica mostrada, es el mismo tiempo que tardaría en recorrer horizontalmente la distancia "e".

ATENCIÓN:

De la guía de TP 1, los problemas 1, 3, 4 y 5 son acerca de movimientos horizontales. Los 6, 7 y 8 son verticales. Cuando se tiene combinados ambos, como en los problemas correspondientes del TP 2, si se aplica lo dicho y dibujado antes, la solución es obvia.

DINÁMICA: LEYES DE NEWTON

Preconceptos del sentido común: lo siguiente se tomó del libro de Tarasov y Tarasova, Preguntas y problemas de física, que se puede encontrar en www.daleya.com en formato pdf.

§ 2.
¿PODRIA USTED
INDICAR
QUE FUERZAS
ACTUAN SOBRE
UN CUERPO?

ESTUDIANTE: Los problemas de la mecánica me parecen los más difíciles. ¿En base a qué se debe empezar su solución?
PROFESOR: En la mayoría de los casos se debe empezar por el análisis de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Consideremos algunos ejemplos (fig. 7): a) un cuerpo es lanzado formando un ángulo con la horizontal; b) un cuerpo se desliza por un plano inclinado; c) un cuerpo atado a una cuerda gira sobre el plano vertical; d) un péndulo simple. Explique y haga un diagrama de las fuerzas aplicadas a los cuerpos en cada uno de los casos anteriores.

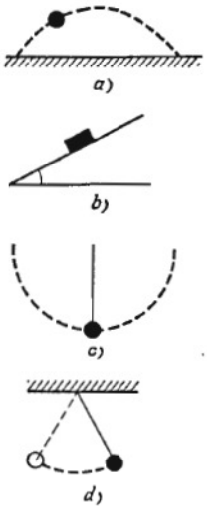

Fig. 7

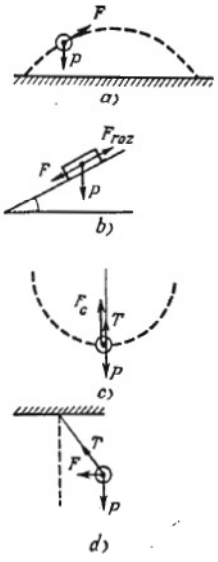

Fig. 8

ESTUDIANTE: Esta es mi gráfica (fig. 8). En el primer caso: P es el peso del cuerpo, F es la fuerza de lanzamiento. En el segundo caso: P es el peso; F, la fuerza de deslizamiento; F_r, fuerza de rozamiento. En el tercer caso: P es el peso; F_c, la fuerza centrípeta; T, la tensión de la cuerda. En el cuarto caso: P es el peso; F, la fuerza de restitución; T, tensión de la cuerda.

PROFESOR: Usted ha errado en todos los casos. Este es el diagrama correcto (fig. 9). Es necesario comprender muy bien que toda fuerza aparece como resultado de la interacción de cuerpos. Por lo tanto, para representar las fuerzas aplicadas a un cuerpo hay que responder antes a la pregunta: ¿Qué cuerpos interaccionan con el objeto considerado? Así, en el primer caso, la Tierra atrae al objeto considerado y es el único cuerpo que interacciona con éste (fig. 9, *a*). Por lo tanto, el cuerpo está sometido a la acción de una sola fuerza: su propio peso. Si tomamos en cuenta la resistencia de aire, o la acción del viento, por ejemplo, entonces habría que introducir otras fuerzas suplementarias. «Fuerzas de lanzamiento», como la que usted indica en su diagrama, no existen en la naturaleza, puesto que no hay interacción, que conduzca a la presencia de una fuerza semejante.

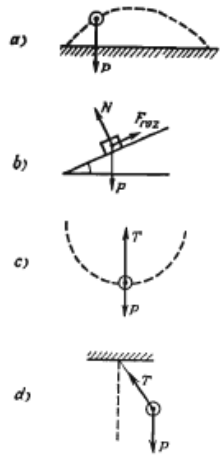

Fig. 9

ESTUDIANTE: Pero si para lanzar un cuerpo, sobre éste necesariamente debe actuar una fuerza.

PROFESOR: Es cierto. Cuando usted lanza un cuerpo, le aplica a éste una determinada fuerza. Sin embargo, en el caso considerado antes, se analiza el movimiento del cuerpo después de lanzado, es decir, después de desaparecer la acción de su fuerza, la cual le comunicó al cuerpo una determinada velocidad inicial de lanzamiento. Es imposible «acumular» fuerzas; tan pronto termina la interacción de los cuerpos, desaparecen las fuerzas.

ESTUDIANTE: Pero si sobre el cuerpo actúa nada más que su peso, ¿por qué entonces éste no cae verticalmente, sino que describe una trayectoria determinada?

PROFESOR: A usted le parece extraño que en este caso la dirección del movimiento del cuerpo no coincida con la de la fuerza que actúa sobre éste. No obstante, todo esto está plenamente de acuerdo con la segunda ley de Newton. Su pregunta hace pensar que usted no ha reflexionado detenidamente sobre las leyes de la dinámica de Newton. Yo sugiero detenernos más adelante en ésto (ver § 4) mientras que, por ahora continúo con el análisis de los cuatro ejemplos anteriores del movimiento de un cuerpo.

En el segundo caso (fig. 9, *b*): ¿Qué cuerpos interaccionan con el bloque?

ESTUDIANTE: Según mi criterio, dos cuerpos: la Tierra y el plano inclinado.

PROFESOR: El peso P es resultado de la interacción de la Tierra con el cuerpo, mientras que la fuerza de rozamiento F_r y la reacción de apoyo N, llamada también fuerza normal, son resultado de la interacción del plano inclinado con el cuerpo. Advierto que en su diagrama no aparece esta fuerza N.

ESTUDIANTE: Pero, ¡un momento! ¿Resulta entonces, que el plano inclinado acciona sobre el bloque con dos fuerzas en lugar de una?

PROFESOR: La fuerza, por supuesto, es una sola. Sin embargo para su análisis, es más cómodo descomponerla en dos componentes una de las cuales es paralela al plano (la fuerza de rozamiento) y la segunda, en dirección perpendicular a éste (la fuerza de reacción del apoyo). El hecho, de que estas dos fuerzas tengan un origen común, es decir, sean las componentes de una misma fuerza, se refleja en la siguiente relación universal que existe entre F_r y N:

$$F_r = kN, \tag{5}$$

donde k es una constante, llamada coeficiente de rozamiento. Más adelante, analizaremos esta relación con más detalles (ver § 3).

ESTUDIANTE: En mi diagrama, he representado la fuerza de deslizamiento F. Sin embargo, en base a lo que usted dice, tal fuerza no existe. ¿Por qué, entonces, antes hemos utilizado frecuentemente el término «fuerza de deslizamiento»?

PROFESOR: Sí, en realidad dicho término existe. Pero se debe tener en cuenta, que esta fuerza es simplemente una

de las componentes del peso del bloque, que aparece al descomponer el peso en dos fuerzas, una en la dirección del plano inclinado y la otra en dirección perpendicular a éste. Si usted en el diagrama de las fuerzas aplicadas al cuerpo ha indicado su peso, no hay entonces necesidad de representar la fuerza de deslizamiento, es decir, la componente del peso paralela al plano inclinado.

En el tercer caso (fig. 9, *c*) el cuerpo gira en un plano vertical. ¿Qué cuerpos actúan sobre el objeto considerado?

ESTUDIANTE: Dos cuerpos: la Tierra y la cuerda.

PROFESOR: Correcto. Por esta razón, sobre el cuerpo que gira actúan dos fuerzas: su peso y la tensión de la cuerda.

ESTUDIANTE: ¿Y la fuerza centrípeta?

PROFESOR: ¡Un momento! Precisamente en los problemas sobre el movimiento circular es muy fácil errar y por esta razón es preciso estudiarlos con más detalles (ver § 8); aquí me limito simplemente a indicar que la fuerza centrípeta no es una fuerza más, sino la resultante de todas las fuerzas aplicadas al cuerpo. En el ejemplo considerado (cuando el cuerpo se encuentra en el punto más bajo de su trayectoria) la fuerza centrípeta es igual a la diferencia entre la tensión de la cuerda y el peso del cuerpo.

ESTUDIANTE: Si he entendido correctamente, en el cuarto caso (fig. 9, *d*), la fuerza restitutora es también la resultante de dos fuerzas, la del peso y la de tensión de la cuerda.

PROFESOR: Exactamente. Tanto en este caso como en el tercero, interaccionan con el objeto considerado la cuerda y la Tierra y por lo tanto, el cuerpo está sometido a la acción de dos fuerzas: la tensión de la cuerda y el peso. Quiero subrayar una vez más, que toda fuerza aparece como resultado de la interacción de cuerpos y no por otras causas. Si usted sabe qué cuerpos accionan sobre el objeto considerado, usted podrá deducir las fuerzas que actúan sobre éste.

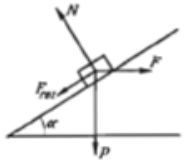

Fig. 10

ESTUDIANTE: Seguramente habrá ejemplos más difíciles que los que usted ha considerado en los diagramas de la fig. 7. ¿Podría usted estudiar algunos de esos problemas?

PROFESOR: Existen muchos problemas más difíciles sobre interacción de cuerpos. Por ejemplo, hacemos presión sobre un bloque por medio de una fuerza horizontal constante F, haciendo que el cuerpo suba por un plano inclinado. Las fuerzas aplicadas al bloque en este caso están representadas en la fig. 10.