

AC 14 40

Introducción a las ciencias físico-naturales, guión número 11, momento lineal. Momento lineal. El momento lineal, o cantidad de movimiento, p , de una partícula, es un vector definido por el producto de su masa, m , por su velocidad, v . P es igual a m por v . Puesto que la masa es una magnitud escalar y la velocidad es vectorial, el momento es una magnitud vectorial.

Se mide, por tanto, en kilogramos por metro por segundo elevado a menos uno. De la definición anterior se desprende que, evidentemente, cambia la cantidad de movimiento siempre que varíen la masa o la velocidad. La masa de una partícula determinada puede considerarse como una cantidad constante, excepto para las partículas que tienen velocidades enormes comparables con la de la luz.

Por tanto, a velocidades normales hablar de variación en la cantidad de movimiento o momento equivale a hablar de variación en su velocidad. Enunciar, pues, que fuerza es igual a masa por aceleración, o lo que es lo mismo, masa por variación de velocidad, equivale a enunciar que fuerza es igual a variación en la cantidad de movimiento, matemáticamente derivando la fórmula de definición del momento. Derivada de P con respecto de t es igual a m por la derivada de v con respecto de t , igual a la masa por la aceleración, igual a la fuerza.

Todo ello, claro, está para un sistema de masa constante. Hemos establecido, pues, el segundo principio de Newton de la siguiente forma. La variación por unidad de tiempo de la cantidad de movimiento de una partícula es igual a la fuerza resultante que actúa sobre ella y tiene la dirección de dicha fuerza.

La variación del momento será nula, o lo que es lo mismo, el momento será constante cuando dicha fuerza sea nula. Es este el enunciado más simple del principio de conservación de la cantidad de movimiento referido a una partícula libre. Supongamos que en lugar de observar una partícula aislada en el universo, observamos dos partículas que están sujetas solamente a su interacción mutua.

Si llamamos momento del sistema a la suma vectorial de los momentos de ambas partículas, experimentalmente se comprueba que dicha magnitud se conserva, o sea, el momento total de un sistema compuesto por dos partículas que están sujetas solamente en su interacción mutua permanece constante. Este principio se cumple para cualquier número de partículas que forman un sistema aislado. El momento total de un sistema aislado de partículas es constante.

El significado, pues, de la fuerza en el segundo principio de Newton es el de fuerza externa. Si sólo hay fuerzas mutuas, no importa lo complicadas que sean, el momento total no cambia. Existe sólo un intercambio de compensación entre los momentos parciales.

No se conocen excepciones a este principio general de la conservación del momento. Por el contrario, cuando parece que hay violación de este principio en un experimento, el físico inmediatamente busca alguna partícula desconocida o que no ha notado y la cual puede ser la

causa de la aparente falta de conservación del momento. Es esta búsqueda la que ha dado lugar a que los físicos identifiquen el neutrón, el neutrino, el fotón y muchas otras partículas elementales.

Como indicábamos al principio, puede considerarse que la gran mayoría de los sistemas que encontramos en física tienen masa constante. Sin embargo, en ciertos casos la masa es variable. Veamos un caso práctico, el de los cohetes para proyectiles de gran alcance.

Un cohete es impulsado por las fuerzas de reacción originadas por un chorro de gases expulsados a altas velocidades. Teniendo en cuenta ahora el producto m por v , la regla de derivación del mismo y variabilidad de m tendremos derivada de p con respecto de t es igual a m por la derivada de v con respecto de t más v por la derivada de m con respecto de t . Describamos los términos. v es la velocidad del chorro con respecto al cohete y m la masa del cohete.

La variación de la cantidad de movimiento por segundo de la materia que pasa desde el cohete al chorro está constituida en nuestro ejemplo por el segundo sumando, ya que la velocidad a la que se expulsan los gases se supone constante y por tanto el término derivada de v con respecto de t es nulo. En resumen, es el término v derivada de m con respecto de t el que nos da la magnitud de la fuerza de reacción que acelera el cohete. Intente el alumno seguir el ejemplo.

Un cohete que pesa 40 toneladas se eleva verticalmente partiendo del reposo. Expulsa los gases a una velocidad de 1800 metros por segundo a razón de 450 kilogramos por segundo. Variación de masa durante 40 segundos antes de terminar el combustible.

¿Cuál será la fuerza sobre el cohete en el momento inicial a los 20 segundos y a los 40 segundos? Como el movimiento es vertical, la fuerza que actúa en cada instante sobre él será la diferencia entre esta fuerza de reacción o empuje y su peso que se opone a dicho movimiento de ascenso. La fuerza de reacción es siempre constante y será v por la derivada de m con respecto de t igual a 1800 metros por segundo por 450 kilogramos por segundo igual a 810.000 newtons. En tanto, el peso del cohete variará, como ya hemos indicado, a un ritmo de 450 kilogramos por segundo.

El alumno puede finalizar el ejercicio y comprobar los resultados. Fuerza resultante 418.000, 506.200 y 594.400 newtons. Quizás el ejemplo más simple de masa variable sea el de la gota de agua.

Mientras cae, la humedad puede condensarse en su superficie o el agua puede evaporarse resultando en un cambio de masa. A la variación del momento con el tiempo contribuyen en este caso los dos sumandos, los correspondientes a la variación de velocidad y a la variación de masa. Una cinta transportadora sobre la cual cae material en un extremo y puede o no descargarse en el otro extremo es otro ejemplo de masa variable.

Si la cinta se desplaza a velocidad constante, M mayúscula es la masa de la cinta y m minúscula es la masa del material que ha caído en el tiempo t , la fuerza aplicada a la cinta es V por derivada de m minúscula con respecto de t . Veamos ahora algunas consideraciones breves sobre momento y energía. El único principio aplicable a la resolución del problema de la colisión de cuerpos es el de conservación de la cantidad de movimiento, pero este principio es insuficiente para determinar el movimiento después del choque a partir del movimiento con anterioridad a él. Una cantidad indeterminada de energía puede convertirse en calor por deformación de los cuerpos en colisión sin que resulte afectado por ello la conservación del momento.

Existen dos casos extremos en los cuales el problema es soluble. Uno es el caso en el cual suponemos que no se disipa energía mecánica. La energía cinética y la cantidad de movimiento se conservan.

Tales choques reciben el nombre de perfectamente elásticos. Por ejemplo, las colisiones entre bolas de vidrio están aproximadamente en esta categoría. La otra categoría extrema es aquella en que los cuerpos permanecen unidos después del choque.

Son los perfectamente inelásticos. Por ejemplo, las colisiones entre bolas de masilla y entre una bala y un bloque de madera, puesto que la bala queda empotrada en la madera. Consideramos el choque elástico entre las dos bolas de vidrio moviéndose sobre una misma recta y sin rotaciones ni rozamientos.

Aplicando nuestros dos principios de conservación, momento y energía, el alumno puede comprobar el siguiente resultado. $m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$ y $\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, donde las m son las masas de las dos esferas, las u las velocidades antes del impacto y las v las velocidades después del impacto. A partir de aquí podemos descender a casos particulares.

Supongamos que las dos partículas tienen la misma masa. En este caso, y el alumno puede seguir comprobándolo, las partículas intercambian sus velocidades. En los choques elásticos en los que una partícula golpea a otra en reposo y de mucha mayor masa, la velocidad de la partícula ligera se invierte aproximadamente y la de la partícula de gran masa apenas si cambia.

El ejemplo extremo es el de un choque elástico en el que una partícula golpea perpendicularmente un plano fijo liso. Por plano fijo entendemos uno unido rígidamente a la Tierra, de suerte que el factor masa asociado al plano es la masa total de la Tierra. En este caso, la partícula rebota con una velocidad de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario.

Después de la problemática momento-energía, trataremos en otra ocasión la cuestión momento-impulso de extraordinaria importancia. Su estudio nos resolverá todas aquellas situaciones en que se ponen en juego fuerzas intensas en periodos de tiempo muy cortos,

cantidades ambas difíciles de medir. El golpe sobre la pelota de golf constituye el ejemplo típico de este tipo de fuerzas.

Cuando el tema del impulso sea nuestro, el tema del golf para nosotros tampoco tendrá secretos. Subtítulos realizados por la comunidad de Amara.org