Centro de Estudios ILLICE

PRUEBA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

CIENCIAS GENERALES

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

Ciencias Generales · Prueba de Acceso a la Universidad

Primera edición: 2026

© 2026 Juan Marcos Sanmartín. Todos los derechos reservados.

Edita: Juan Marcos Sanmartín (Centro de Estudios Illice) · Pont dels Ortissos, 6, entresuelo · 03203 Elche (Alicante)
contacto@centrodeestudiosillice.com · www.centrodeestudiosillice.com

Este libro es para uso personal de quien lo ha comprado. Queda prohibida su reproducción, distribución, comunicación pública o transformación, total o parcial, por cualquier medio (incluidos WhatsApp, redes sociales y plataformas de apuntes), sin autorización escrita del titular, conforme a la Ley de Propiedad Intelectual.

Si has recibido este libro sin haberlo comprado, puedes conseguir tu propia copia en
www.centrodeestudiosillice.com/libros

ÍNDICE

BLOQUE I. LAS FUERZAS QUE NOS MUEVEN

Tema 1 Las fuerzas: interacciones fundamentales y equilibrio 5
Tema 2 El movimiento: cinemática de la partícula 29
Tema 3 Las leyes de Newton y sus aplicaciones 45
Tema 4 Gravitación, electromagnetismo y procesos nucleares 59

BLOQUE II. UN UNIVERSO DE MATERIA Y ENERGÍA

Tema 5 Los sistemas materiales: estados de agregación y clasificación 77
Tema 6 La estructura de la materia y el sistema periódico 93
Tema 7 El enlace químico y la formulación inorgánica 117
Tema 8 Reacciones químicas y cálculos estequiométricos 141
Tema 9 La energía: conservación, transferencia y degradación 159

BLOQUE III. EL SISTEMA TIERRA

Tema 10 El origen del universo, del sistema solar y de la vida 177
Tema 11 La geosfera y la tectónica de placas 197
Tema 12 Procesos geológicos, relieve y riesgos naturales 215
Tema 13 Las capas fluidas: atmósfera, hidrosfera y clima 237
Tema 14 Ecosistemas, ciclos de la materia y microorganismos 259
Tema 15 Recursos, problemas ambientales y sostenibilidad 281

BLOQUE IV. BIOLOGÍA PARA EL SIGLO XXI

Tema 16 Las biomoléculas 305
Tema 17 El ADN y la expresión de la información genética 327
Tema 18 División celular, reproducción y herencia 353
Tema 19 Biotecnología e ingeniería genética 377
Tema 20 Salud y enfermedad: infecciones, vacunas y antibióticos 401

BLOQUE V. EL MÉTODO DE TRABAJO DE LA CIENCIA

Tema 21 El método de trabajo de la ciencia 431

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

Centro de Estudios ILLICE

PRUEBA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

CIENCIAS GENERALES

LAS FUERZAS: INTERACCIONES FUNDAMENTALES Y EQUILIBRIO

1

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

1. Qué es una fuerza

Llamamos **fuerza** a toda interacción entre dos cuerpos capaz de **modificar su estado de movimiento** o de **deformarlos**. Su unidad en el Sistema Internacional es el **newton** (N):

$$1\ \mathrm{N} = 1\ \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$$

Un newton es, aproximadamente, la fuerza con la que la Tierra atrae a una masa de 102 gramos: el peso de una manzana mediana. De ahí la costumbre, que conviene adquirir desde el primer día, de pasar todos los datos a unidades del SI antes de sustituir en cualquier fórmula.

Una fuerza es una magnitud **vectorial**: no queda determinada por un número, sino por cuatro datos. El **módulo**, con su unidad; la **dirección**, es decir, la recta a lo largo de la cual actúa, llamada **recta de acción**; el **sentido**, cuál de las dos orientaciones de esa recta sigue; y el **punto de aplicación**, dónde actúa sobre el cuerpo.

Ese último dato merece atención, porque en la segunda mitad del tema será decisivo. Si empujamos una caja por su centro, se desplaza; si la empujamos por una esquina, se desplaza *y* gira, con la misma fuerza en módulo, dirección y sentido. El punto de aplicación es lo que distingue los dos casos.

> **CONVIENE TENER CLARO**
>
> Una fuerza nunca «pertenece» a un cuerpo: siempre describe la interacción *entre dos*. Por eso, al nombrarla, es buena costumbre decir quién la ejerce y sobre quién: «la fuerza que el suelo ejerce sobre la caja», no «la fuerza de la caja».

1.1. De la fuerza a la interacción

La física no explica el mundo con una lista interminable de fuerzas distintas, sino con un catálogo cortísimo. Durante siglos se pensó que la fuerza que hace caer una piedra, la que mantiene unido un cristal de sal, la que atrae un imán y la que guía a los planetas eran cosas de naturaleza diferente. Hoy sabemos que todas son manifestaciones de **cuatro interacciones fundamentales**, y que dos de ellas bastan para explicar casi todo lo que nos rodea.

Llamamos **interacción** a la acción recíproca entre dos cuerpos o dos partículas que modifica su estado de movimiento, su forma o su propia naturaleza. La palabra es más amplia y más precisa que «fuerza»: una fuerza es la medida cuantitativa de una interacción, pero hay interacciones —como la que convierte un neutrón en un protón— cuyo efecto principal no es empujar ni frenar nada, sino *transformar* las partículas.

Tres rasgos definen cualquier interacción y permiten clasificarlas:

Sobre qué actúa
Toda interacción exige que la partícula posea cierta propiedad, que llamamos **carga** en sentido amplio: la masa para la gravitatoria, la carga eléctrica para la electromagnética, la carga de color para la fuerte. Quien no la tenga es invisible para esa interacción.

Hasta dónde llega
Es su **alcance**. La gravitatoria y la electromagnética lo tienen infinito —decrecen con el cuadrado de la distancia, pero nunca se anulan— y las dos nucleares lo tienen cortísimo, del tamaño de un núcleo o menor.

Con qué fuerza actúa

Es su **intensidad relativa**. Comparadas a igualdad de condiciones, las cuatro difieren en factores de hasta 10^{38}, un abismo sin parangón en el resto de la física.

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

1.2. Del contacto a la acción a distancia

La experiencia cotidiana sugiere que para empujar algo hay que tocarlo, pero el imán atrae al clavo sin tocarlo y el Sol retiene a la Tierra a través de 150 millones de kilómetros de vacío. Esa *acción a distancia* incomodó mucho a los físicos: el propio Newton la calificó de absurdo y se limitó a describir la atracción sin pronunciarse sobre su causa.

La respuesta llegó en dos pasos. El primero fue la idea de **campo**, de Michael Faraday: una masa o una carga no actúa directamente sobre otra, sino que **modifica el espacio que la rodea**, y es esa modificación la que atrae o repele a cualquier partícula que entre en ella. El segundo, ya en el siglo XX, fue entender que los campos están cuantizados: la interacción se transmite intercambiando **partículas mediadoras**, que van y vienen entre los dos cuerpos como el balón entre dos jugadores.

> **CONVIENE TENER CLARO**
>
> Que una interacción sea «a distancia» no significa que sea instantánea. Ninguna influencia viaja más deprisa que la luz: si el Sol desapareciera ahora mismo, la Tierra seguiría orbitando alrededor de nada durante ocho minutos y veinte segundos.

2. Las cuatro interacciones fundamentales

2.1. La interacción nuclear fuerte

Es la más intensa de las cuatro y la tomamos como referencia para comparar las demás. Actúa sobre los **quarks**, las partículas de las que están hechos protones y neutrones, y los mantiene confinados dentro de ellos; su mediador es el **gluón**, de masa nula. De ella queda un resto —la *fuerza nuclear residual*— que une nucleones vecinos y sostiene el núcleo frente a la repulsión eléctrica entre protones. Su alcance es de unos $10^{-15}\ \mathrm{m}$, el diámetro de un protón: más allá deja de notarse.

2.2. La interacción electromagnética

Actúa entre partículas con carga eléctrica, tiene alcance infinito y puede ser **atractiva o repulsiva** según los signos de las cargas. Su mediador es el **fotón**, también sin masa, que es a la vez el cuanto de la luz: la luz visible, las ondas de radio y los rayos X son el mismo fenómeno a distintas energías. Es la interacción decisiva en la vida cotidiana: casi todas las fuerzas que manejamos son electromagnetismo disfrazado, como veremos en el apartado 3.

2.3. La interacción nuclear débil

Es la más difícil de visualizar, porque no «pega» ni «separa»: **transforma unas partículas en otras**. Hace que un neutrón aislado se convierta en un protón emitiendo un electrón, y es por tanto la responsable de la radiactividad beta y del primer paso de la fusión estelar. Actúa sobre quarks y leptones, y sus mediadores son los bosones W^{+}, W^{-} y Z^{0}, del orden de noventa veces más masivos que un protón. Esa masa explica que su alcance sea aún más corto que el de la fuerte, unos $10^{-18}\ \mathrm{m}$.

2.4. La interacción gravitatoria

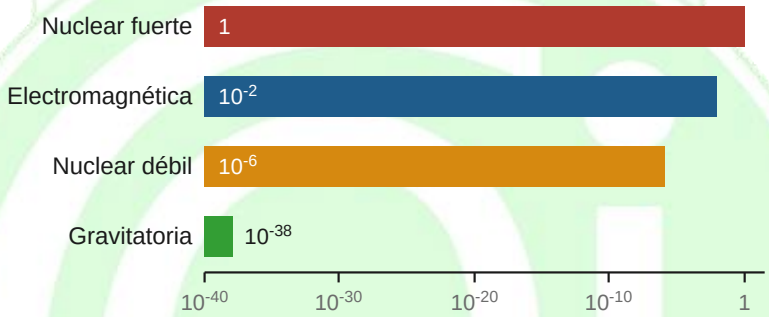
Es la más débil con muchísima diferencia, pero también la que gobierna el universo a gran escala. Actúa sobre toda la materia y toda la energía sin excepción, su alcance es infinito y, a diferencia de la electromagnética, es **siempre atractiva**: no existe la masa negativa. Su mediador se llama **gravitón**, pero nunca se ha detectado ninguno: su existencia es solo una hipótesis.

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

Las cuatro interacciones fundamentales

	Nuclear fuerte	Electromagnética	Nuclear débil	Gravitatoria
Intensidad relativa	1	10^{-2}	10^{-6}	10^{-38}
Alcance	$\sim 10^{-15}\ \mathrm{m}$	Infinito ($1/r^2$)	$\sim 10^{-18}\ \mathrm{m}$	Infinito ($1/r^2$)
Actúa sobre	Quarks y nucleones	Cargas eléctricas	Quarks y leptones	Masa y energía
Mediador	Gluón	Fotón	Bosones W y Z	Gravitón (hipotético)
Carácter	Atractiva	Atractiva o repulsiva	Transforma partículas	Siempre atractiva
Mantiene unido	El núcleo	Átomos, moléculas y sólidos	Nada	Planetas y galaxias

Los valores de la primera fila son **órdenes de magnitud orientativos**: dependen de la distancia a la que se comparen, y por eso distintos libros dan cifras algo diferentes. Lo que importa no es el número exacto, sino el abismo que separa la gravitación de las otras tres.



Intensidad relativa de las cuatro interacciones, en escala logarítmica. Cada división del eje equivale a multiplicar por diez mil millones: la barra de la gravitación no es corta por un defecto del dibujo, sino porque la gravedad es realmente unas 10^{36} veces más débil que la electromagnética.

El **modelo estándar de la física de partículas**, que clasifica quarks, leptones y bosones mediadores, es un marco más amplio que el de este tema. Se menciona porque de él salen los nombres de los mediadores de la tabla: basta con saber asociar cada interacción con el suyo.

EJEMPLO RESUELTO 1

Enunciado. Dos protones se encuentran dentro de un núcleo, separados $1{,}0 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{m}$. Calcula la fuerza eléctrica y la gravitatoria entre ellos y compara ambos resultados. Datos:

$k = 9{,}0 \cdot 10^{9}\ \mathrm{N\,m^2/C^2}$, $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2/kg^2}$, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$, $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$.

Fuerza eléctrica. Los dos protones tienen carga positiva, así que se repelen según la ley de Coulomb:

$$F_e = k\,\frac{e^2}{r^2} = 9{,}0 \cdot 10^{9} \cdot \frac{(1{,}6 \cdot 10^{-19})^2}{(1{,}0 \cdot 10^{-15})^2} = 2{,}3 \cdot 10^{2}\ \mathrm{N}$$

Fuerza gravitatoria. Con la misma distancia, pero usando las masas y la ley de gravitación universal:

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

$$F_g = G\,\frac{m_p^2}{r^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot\frac{(1{,}67\cdot 10^{-27})^2}{(1{,}0\cdot 10^{-15})^2} = 1{,}9\cdot 10^{-34}\ \mathrm{N}$$

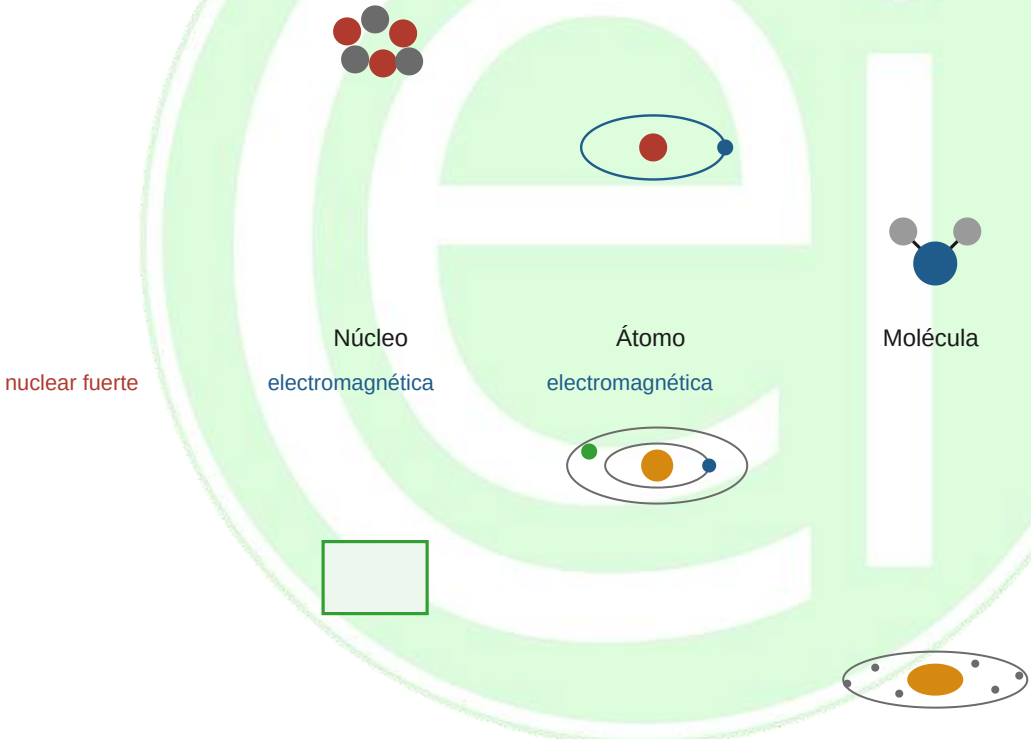
Comparación. El cociente no depende de la distancia, porque las dos fuerzas van como $1/r^2$ y ese factor se simplifica:

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{k\,e^2}{G\,m_p^2} = 1{,}2\cdot 10^{36}$$

Interpretación. Dos protones se repelen con unos 230 N —el peso de un adulto— pese a ser partículas de masa ínfima, mientras que su atracción gravitatoria es billones de billones de veces menor: **en el mundo de las partículas la gravedad es despreciable**. Segunda conclusión: si se repelen con 230 N y el núcleo no estalla, algo más intenso tiene que mantenerlos juntos. Ese algo es la interacción nuclear fuerte.

3. Qué mantiene unido cada nivel de la materia

La materia está organizada en niveles encajados unos dentro de otros, y en cada nivel manda una interacción distinta. Dentro del protón, tres quarks quedan ligados por la fuerza fuerte, tan firmemente que jamás se ha observado un quark aislado; el núcleo se sostiene por la fuerza nuclear residual; el átomo y la molécula son puro electromagnetismo, porque el enlace químico
no es más que una redistribución de cargas; un sólido o un ser vivo se mantienen por fuerzas eléctricas entre moléculas vecinas; y a partir de la escala planetaria solo queda la gravitación.



La escalera de la materia. Cada nivel se mantiene cohesionado por una interacción distinta: la fuerte en el núcleo, la electromagnética desde el átomo hasta los cuerpos que tocamos y la gravitatoria a partir de la escala planetaria. La interacción débil no mantiene unido nada: su papel es transformar unas partículas en otras.

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

CONVIENE TENER CLARO

¿Por qué la gravedad, siendo 10^{36} veces más débil, acaba mandando en el universo? Por dos razones que se refuerzan. **Primera**: la materia ordinaria es **eléctricamente neutra** y a cierta distancia sus efectos eléctricos se cancelan, mientras que la masa no tiene signo y **siempre suma**. **Segunda**: las nucleares tienen un alcance tan corto que fuera del núcleo no existen a efectos prácticos. Solo queda en pie la gravedad: es débil, pero es la única que se acumula sin límite.

3.1. Las fuerzas de contacto son electromagnetismo

Cuando apoyamos la mano en una mesa, en rigor no llegamos a tocarla: las nubes de electrones de los átomos de la piel y los de la madera se acercan lo bastante para repelerse con fuerza. **Todas las llamadas «fuerzas de contacto» son la manifestación macroscópica de esa repulsión eléctrica**, reforzada por un efecto cuántico que impide a los electrones ocupar el mismo estado.

Origen microscópico de las fuerzas macroscópicas

Fuerza	De dónde sale realmente
Normal	Repulsión eléctrica entre las nubes electrónicas de las dos superficies
Rozamiento	Enlaces que se forman y se rompen entre las rugosidades microscópicas
Tensión de una cuerda	Atracción eléctrica entre moléculas contiguas, transmitida en cadena
Fuerza elástica	Los átomos desplazados de su posición en la red son devueltos a ella por fuerzas eléctricas
Empuje y resistencia de un fluido	Choques de las moléculas, que a su vez son repulsiones eléctricas

Es decir: de las cinco fuerzas que aparecerán en los problemas de dinámica del Tema 3 —peso, normal, tensión, rozamiento y fuerza elástica—, **solo el peso es gravitatorio; las otras cuatro son electromagnéticas**. Y lo mismo vale para la química: el enlace iónico es atracción electrostática entre iones, el covalente es un par de electrones compartido que atrae a dos núcleos a la vez, y los puentes de hidrógeno que sostienen la doble hélice del **ADN** son igualmente de origen eléctrico.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Casi toda la tecnología que nos rodea es aplicación de una sola de las cuatro interacciones: el motor eléctrico, la resonancia magnética, el wifi, la fibra óptica y la pantalla en la que se lee esto funcionan gracias al electromagnetismo. La gravitación se explota en las centrales hidroeléctricas y en la mecánica orbital de los satélites; las nucleares, en las centrales, en la medicina nuclear y en la datación radiactiva. La débil no tiene aplicación tecnológica directa, pero sin ella el Sol no brillaría.

EJEMPLO RESUELTO 2

Enunciado. Indica razonadamente qué interacción fundamental explica cada fenómeno: *a)* el arco iris; *b)* las mareas; *c)* la energía que emite el Sol; *d)* que un globo frotado se pegue a la pared; *e)* la desintegración del carbono-14; *f)* que una silla soporte nuestro peso.

a) Electromagnética. El arco iris es refracción y dispersión de la luz en las gotas de agua, y la luz es una onda electromagnética.

b) Gravitatoria. La atracción de la Luna sobre el agua próxima a ella es mayor que sobre el centro de la Tierra: las mareas son una diferencia de fuerzas gravitatorias.

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

c) Fuerte y débil a la vez. En el Sol, cuatro protones acaban formando un núcleo de helio: la unión final la hace la fuerte, pero el primer paso —convertir protones en neutrones— solo puede hacerlo la débil.

d) Electromagnética. Al frotar, el globo adquiere carga y polariza las moléculas de la pared, que lo atraen.

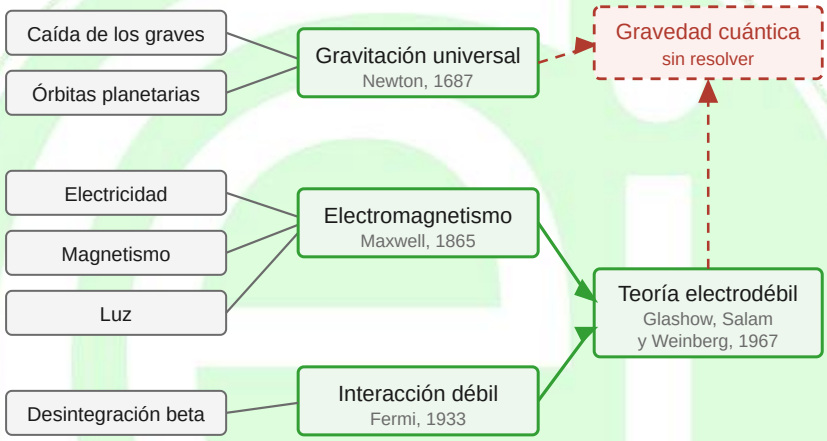
e) Débil. La desintegración beta consiste en transformar un neutrón en un protón, proceso característico de la interacción débil.

f) Electromagnética. La normal es repulsión eléctrica entre las nubes de electrones de la silla y las del cuerpo. El peso que soporta sí es gravitatorio; la fuerza que lo equilibra, no.

Regla práctica. Si el fenómeno ocurre dentro de un núcleo, es nuclear —fuerte si une, débil si transforma—. Si involucra astros, es gravitatoria. En cualquier otro caso, casi con total seguridad, es electromagnética.

4. La unificación: el hilo conductor de la física

Mirada desde lejos, la historia de la física muestra una tendencia repetida: **fenómenos que parecían independientes acaban resultando ser el mismo**. Cada vez que ha ocurrido, han hecho falta menos ideas para explicar el mundo y la teoría ha ganado poder predictivo.



Las grandes unificaciones de la física. Newton reunió lo terrestre y lo celeste; Maxwell, la electricidad, el magnetismo y la luz; la teoría electrodébil juntó el electromagnetismo con la interacción débil. La fuerte se describe junto a ellas en el modelo estándar, pero la gravitación sigue fuera: encajarla es el problema abierto más importante de la física teórica.

Las tres unificaciones conseguidas son estas. **Newton (1687)** demostró en los *Principia* que la caída de una manzana y el movimiento de la Luna son el mismo fenómeno, gobernado por una única ley de fuerza, y desapareció la frontera entre lo terrestre y lo celeste. **Maxwell (hacia**

65. fundió electricidad, magnetismo y óptica en una sola teoría: de sus ecuaciones se deducía

la existencia de ondas de campo eléctrico y magnético que viajan por el vacío a $3 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}$, es decir, que *la luz es una onda electromagnética*; Hertz las produjo y detectó en 1887, y en menos de veinte años nacía la radio. Y la **teoría electrodébil (1967)**, de Glashow, Salam y Weinberg, demostró que a energías muy altas la interacción electromagnética y la débil son *una sola*, y que solo a las energías bajas de nuestro mundo se manifiestan como dos cosas distintas: recibieron

el Nobel en 1979 y la teoría se confirmó en 1983, cuando el CERN detectó los bosones W y Z que predecía.

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

La interacción fuerte se describe con una teoría del mismo tipo, y las tres conviven en el **modelo estándar**, la teoría mejor comprobada de la historia de la ciencia; la detección del bosón de Higgs en 2012 fue su última pieza. Pero la gravitación se resiste. Las otras tres se describen mediante intercambio de partículas en un espacio-tiempo fijo, mientras que la gravitación, según la relatividad general de Einstein (1915), **es** la geometría del espacio-tiempo curvada por la masa y la energía. Ambas teorías funcionan admirablemente en su terreno, pero son incompatibles cuando hacen falta las dos a la vez: dentro de un agujero negro o en los primeros instantes del universo. Construir una **gravedad cuántica** que las reconcilie es el gran problema abierto de la física.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Que un problema siga abierto no significa que la investigación esté parada. En 2015 los detectores LIGO registraron por primera vez *ondas gravitacionales*, ondulaciones del espacio-tiempo producidas por la fusión de dos agujeros negros a mil trescientos millones de años luz, que Einstein había predicho un siglo antes. La medida exigía detectar, en brazos de cuatro kilómetros, variaciones de longitud muchísimo menores que el diámetro de un protón. Buen recordatorio de cómo trabaja la ciencia: comprobar una predicción teórica puede exigir cien años y una tecnología que aún no existía.

5. Suma de fuerzas y condiciones de equilibrio

Hasta aquí hemos mirado las fuerzas *por dentro*, preguntándonos de qué interacción proceden. A partir de ahora las miraremos *por fuera*: cómo se suman varias fuerzas que actúan sobre un mismo cuerpo y qué ocurre cuando se compensan. Esa es la **estática**, la parte de la mecánica que estudia los cuerpos sobre los que actúan fuerzas sin que por ello se muevan. Es la rama más antigua de la física: Arquímedes de Siracusa enunció la ley de la palanca en el siglo III a. C., casi dos mil años antes de que Newton escribiera sus leyes.

Que un cuerpo esté quieto no significa que no haya fuerzas sobre él, sino que las fuerzas que hay **se compensan**. Un puente soporta su propio peso, el de los vehículos y el empuje del viento; un fémur soporta varias veces el peso del cuerpo al correr; un bloque al borde de un acantilado soporta su peso y la reacción del terreno. Que ninguno de los tres se mueva es el resultado de un equilibrio, no de una ausencia de fuerzas. Por eso la estática interesa a la vez a la **ingeniería**, que calcula toda estructura imponiendo que esté en equilibrio; a la **biología**, porque el esqueleto de los vertebrados y el tallo de las plantas obedecen a las mismas leyes; y a la **geología**, porque la estabilidad de una ladera o el vuelco de un bloque son problemas de estática a escala de paisaje.

5.1. Fuerzas sobre una misma recta

Cuando sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, su efecto conjunto es el de una sola fuerza llamada **resultante**. Si todas actúan a lo largo de la misma recta de acción, el problema vectorial se reduce a una suma algebraica: basta con **fijar un sentido positivo** —el que se quiera, con tal de mantenerlo— y sumar con su signo.

$$F_R = \sum_i F_i = F_1 + F_2 + \cdots + F_n$$

Si el resultado sale positivo, la resultante apunta en el sentido elegido como positivo; si sale negativo, en el contrario. Dos fuerzas **del mismo sentido** dan una resultante igual a la suma de los módulos: dos personas que empujan un coche con 300 N cada una lo empujan con 600 N. Dos fuerzas **de sentidos**

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

opuestos dan la diferencia, con el sentido de la mayor: en un tira y afloja de 900 N contra 850 N, la resultante es de 50 N hacia el primer equipo.

5.2. Fuerzas concurrentes

Si las fuerzas no están alineadas pero sus rectas de acción se cortan en un punto, se llaman **concurrentes** y se suman construyendo un paralelogramo con las dos fuerzas como lados: la resultante es la diagonal que parte del punto común. Conviene retener la consecuencia cualitativa: **el módulo de la resultante depende del ángulo** que formen, y está siempre comprendido entre la suma y la diferencia de los módulos. De ahí que una cuerda tendida entre dos postes no pueda quedar horizontal si sostiene algo: cuanto más se tensa, mayor es la tensión necesaria para el mismo peso, y por eso los cables de un tendido eléctrico se dejan con una flecha apreciable.

5.3. La descomposición de una fuerza

La operación inversa —sustituir una fuerza por dos componentes perpendiculares entre sí— es imprescindible en Física de 2.º de Bachillerato y conviene conocerla.

Una fuerza F que forma un ángulo α con el eje X equivale a dos fuerzas aplicadas en el mismo punto, $F_x = F\cos\alpha$ y $F_y = F\,\operatorname{sen}\alpha$, de modo que $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$. En los problemas de estática de este tema basta con fuerzas paralelas o alineadas, y todo lo demás se resuelve con momentos.

5.4. Las dos condiciones del equilibrio

Un cuerpo puede moverse de dos maneras distintas: **trasladándose** y **rotando**. Para que esté en equilibrio hay que impedir las dos cosas, y por eso las condiciones de equilibrio son dos, no una.

> **LAS DOS CONDICIONES DE EQUILIBRIO**
>
> **Primera condición (traslación).** La resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo debe ser nula.
>
> **Segunda condición (rotación).** La suma de los momentos de todas esas fuerzas respecto de cualquier punto debe ser nula.

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \qquad\qquad \sum M = 0$$

La primera es la primera ley de Newton aplicada al caso $\vec{a} = \vec{0}$; la segunda es su equivalente para el giro. Que hagan falta las dos se ve con un ejemplo sencillo: si sujetamos un volante y tiramos de un lado hacia arriba y del otro hacia abajo con la misma fuerza, la resultante es nula —el volante no se va a ninguna parte— pero **gira**. Cumple la primera condición y no la segunda.

Cuando las fuerzas son coplanarias y paralelas, que es el caso habitual, conviene usarlas en esta forma práctica:

$$\sum F_{\text{arriba}} = \sum F_{\text{abajo}} \qquad\qquad \sum M_{\text{antihorario}} = \sum M_{\text{horario}}$$

Conviene además no confundir equilibrio con reposo: un paracaidista que cae a velocidad constante también está en equilibrio, porque su aceleración es nula. La estática estudia el caso particular en que, además, la velocidad vale cero.

© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución
Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice