

Práctica: el peso frente a la masa y una fuerza eléctrica que gana a la Tierra

Dos experiencias sobre fuerzas a distancia. En la parte A se mide con un dinamómetro el peso de masas conocidas y se obtiene g como pendiente de la gráfica peso-masa. En la parte B se electrizan objetos por frotamiento, se clasifican atracciones y repulsiones, y se comprueba que un globo cargado levanta un trozo de papel venciendo el peso que le da toda la Tierra.

DURACIÓN

2 sesiones de 55 min

AGRUPACIÓN

grupos de 3

UNIDAD 14

Las fuerzas fundamentales de la naturaleza

MATERIALES

- Soporte con varilla, nuez y gancho, bien sujeto a la mesa (uno por grupo)
- Dinamómetro de 5 N con divisiones de 0,05 N
- Juego de masas con gancho o portapesas: 50 g, 100 g, 150 g, 200 g, 250 g y 300 g
- Balanza electrónica de resolución 0,1 g (puede ser compartida)
- Dos globos de goma no metalizados (de látex si nadie del grupo es alérgico; si no, de un plástico no metalizado), hilo de unos 50 cm y cinta adhesiva
- Paño de lana o de poliéster, tubo o regla de PVC y varilla de vidrio, si la hay
- Papel de 80 g/m², tijeras, regla y una lata de refresco vacía

ENCAJE CURRICULAR · Saberes E.1 · Comp. específicas CE1, CE2, CE4 · Comp. clave STEM, CCL, CD, CPSAA

Criterios: 1.2, 2.3, 4.1, 4.2

Objetivo

Comprobar que el peso de un cuerpo es proporcional a su masa y obtener la intensidad del campo gravitatorio g como pendiente de una gráfica, con su incertidumbre. Observar los fenómenos de electrización por frotamiento y estimar, con un cálculo de orden de magnitud, cuánto mayor es la fuerza eléctrica que la gravitatoria entre objetos cotidianos.

La práctica no repite la del péndulo de la unidad 1: allí g se obtenía a partir de un movimiento; aquí se mide directamente como fuerza por unidad de masa.

Planteamiento

Antes de medir, cada grupo escribe y justifica dos predicciones:

1. Si se cuelgan del dinamómetro masas de 50 g, 100 g... hasta 300 g, ¿cómo será la gráfica del peso frente a la masa? ¿Qué significado tendrá su pendiente?
2. Un trozo de papel está quieto sobre la mesa porque la Tierra entera tira de él. ¿Podrá un globo frotado levantarlo? ¿Qué os dice eso de la intensidad de las dos fuerzas?

Normas de seguridad específicas

- El soporte debe estar bien sujeto a la mesa, con la base hacia dentro, para que no vuelque al colgar las masas. Mantened los pies y las manos fuera de la vertical de las masas.
- No colguéis del dinamómetro más de lo que indica su escala (5 N, unos 500 g): el muelle se deforma de forma permanente y la masa puede caer. Añadid y retirad las masas con suavidad, sin soltarlas de golpe.
- Preguntad antes si alguien tiene alergia al látex; en ese caso, usad globos de plástico no metalizado (los metalizados conducen y no se cargan). Cada persona infla su propio globo, o se usa un inflador.
- Si usáis la varilla de vidrio, frotadla sobre la mesa y sin presionar en exceso; si se rompe, el profesorado recoge los fragmentos. Cuidado con las tijeras y con el borde de la lata.
- El agua del grifo de la parte B debe caer en una pila, lejos de cualquier enchufe o aparato eléctrico.
- Las pequeñas descargas que se pueden notar al tocar un objeto cargado son inofensivas, pero en esta práctica no se usan generadores electrostáticos (como el de Van de Graaff), que necesitan normas propias.

Procedimiento

Parte A. Peso y masa (sesión 1)

1. Colgad el dinamómetro del gancho del soporte, en vertical, y ajustad su cero sin ninguna masa.
2. Comprobad con la balanza la masa real de cada pesa y anotadla junto a su valor nominal.
3. Colgad la masa de 50 g, esperad a que deje de oscilar y leed el dinamómetro con los ojos a la altura del índice. Anotad la lectura en newtons.
4. Repetid con 100, 150, 200, 250 y 300 g. Si hay tiempo, que otra persona del grupo repita la serie completa sin mirar los valores anteriores.
5. Representad P frente a m (en kg), trazad la recta que mejor se ajuste y calculad su pendiente. Usad una hoja de cálculo si la tenéis.

Parte B. Electrización por frotamiento (sesión 2)

6. Inflad los dos globos y colgadlos del soporte con hilos de la misma longitud, separados unos 10 cm.
7. Frotad uno de ellos con el paño y acercadle el paño. Anotad si hay atracción, repulsión o nada.
8. Frotad los dos globos con el mismo paño y dejad que cuelguen juntos. Anotad lo que ocurre.
9. Acercad el globo cargado (y después el tubo de PVC frotado) a: trozos de papel, la lata vacía tumbada sobre la mesa y un hilo fino de agua del grifo. Anotad lo que observéis.
10. Recortad un cuadrado de papel de $1,0\text{ cm} \times 1,0\text{ cm}$. Frotad un globo y acercadlo poco a poco desde arriba hasta que el papel salte. Estimad la distancia a la que se levanta.

Tabla de datos

MASA NOMINAL (G)	MASA EN LA BALANZA (KG)	PESO MEDIDO (N)	P/M (N/KG)
50			
100			
150			
200			
250			
300			

PAR DE OBJETOS	¿ATRACCIÓN, REPULSIÓN O NADA?	EXPLICACIÓN CON CARGAS
Globo frotado y paño		
Globo frotado y globo frotado		
Globo frotado y papel		
Globo frotado y lata vacía		
Globo frotado e hilo de agua		
Tubo de PVC frotado y papel		
RESULTADO	VALOR	
Pendiente de P frente a m (N/kg)		
Ordenada en el origen (N)		
Masa del cuadrado de papel (kg)		
Peso del cuadrado de papel (N)		
Distancia a la que salta el papel (cm)		

Tratamiento de datos y cuestiones

1. Calculad P/m para cada masa. ¿Es constante? ¿Cuál de los cocientes es menos fiable y por qué?
2. Obtened g como pendiente de la recta y comparadla con el valor esperado, unos $9,80 \text{ m/s}^2$. ¿La ordenada en el origen es compatible con cero?
3. ¿Qué gráfica habríais obtenido en la Luna ($g = 1,62 \text{ m/s}^2$)? ¿Y si hubierais usado una balanza de platillos en lugar del dinamómetro?
4. Explicad con el modelo de cargas por qué dos globos frotados con el mismo paño se repelen y por qué un globo cargado atrae a un papel neutro.
5. Calculad la masa y el peso del cuadrado de papel (80 g/m^2). ¿Qué fuerza mínima ha hecho el globo?
6. Calculad la atracción gravitatoria entre el globo ($5,0 \text{ g}$) y el papel suponiendo toda la masa del globo a $2,0 \text{ cm}$. ¿Cuántas veces mayor es, como mínimo, la fuerza eléctrica? ¿Se puede concluir que la gravedad es siempre despreciable? Justificadlo.
7. Comparad los resultados con las predicciones iniciales y redactad el informe con la estructura de la unidad 1.

Alternativa virtual

Si no hay dinamómetros o el aire está demasiado húmedo para que funcione la electrización, se pueden usar tres simulaciones en español de PhET (Universidad de Colorado): [Lab de Fuerza de Gravedad](#), para ver cómo cambia la atracción gravitatoria con las masas y la distancia; [Ley de Coulomb](#), para medir la fuerza entre dos cargas a varias distancias y comprobar la dependencia con $1/r^2$; y [Globos y electricidad estática](#), que muestra el paso de cargas al frotar y la polarización de una pared neutra. Con la segunda, la gráfica de F frente a $1/r^2$ sustituye a la parte A.

Rúbrica

CRITERIO	INSUFICIENTE (1)	SUFICIENTE (2)	NOTABLE (3)	EXCELENTE (4)
Trabajo experimental y seguridad (1.2)	Sobrecarga el dinamómetro o no completa las medidas	Completa las medidas con recordatorios	Ajusta el cero, evita el paralaje y mide con orden sin recordatorios	Además, comprueba las masas con la balanza y repite la serie para estimar la dispersión
Explicación de los fenómenos (2.3)	No distingue peso y masa ni relaciona las observaciones con cargas	Distingue peso y masa, pero explica las observaciones de forma incompleta	Explica la pendiente como g y las atracciones y repulsiones con el modelo de cargas	Además, explica la polarización y por qué la balanza de platillos no cambiaría en la Luna
Cálculo y unidades (4.1)	Errores de unidades que invalidan g o la comparación	Calcula g o la comparación con algún error menor	Calcula g , el peso del papel y el cociente con unidades y cifras significativas correctas	Además, estima la incertidumbre de g y la usa para valorar la ordenada en el origen
Análisis crítico (4.2)	Acepta los resultados sin discutirlos	Cita una fuente de error genérica	Identifica las fuentes de error principales y su efecto	Además, reconoce que el cociente de la parte B es una cota mínima y discute el papel de la masa de la Tierra

Solución orientativa

Para el profesorado: pasos de la resolución del ejercicio.

1. Parte A, ejemplo de datos (dinamómetro de 5 N, divisiones de 0,05 N): $m = 0,050; 0,100; 0,150; 0,200; 0,250; 0,300$ kg $\rightarrow P = 0,50; 0,98; 1,48; 1,95; 2,45; 2,95$ N. Cocientes P/m : 10,0; 9,80; 9,87; 9,75; 9,80; 9,83 N/kg.
2. Parte A, gráfica: los puntos están alineados y la recta pasa prácticamente por el origen. Ajuste por mínimos cuadrados: pendiente 9,79 N/kg, ordenada en el origen 0,005 N (despreciable frente a la media división, 0,025 N). Si se fuerza la recta por el origen, la pendiente es 9,81 N/kg. Se obtiene $g \approx 9,8$ N/kg = $9,8$ m/s², compatible con el valor esperado en la península, unos 9,80 m/s² (modelo WGS 84: 9,801 m/s² a 39,5° de latitud). Cualquier valor entre 9,6 y 10,0 N/kg es un buen resultado con un dinamómetro escolar.
3. Parte A, incertidumbre: con media división ($\pm 0,025$ N), la lectura de 0,50 N tiene una incertidumbre relativa del 5 % y la de 2,95 N, del 0,8 %. Por eso el cociente P/m de la masa más pequeña (10,0 N/kg) es el que más se aleja y la pendiente de la recta, que usa todos los puntos, es mejor estimación que cualquier cociente aislado. Otras fuentes de error: el cero del dinamómetro no ajustado (aparece como ordenada en el origen), leer la escala en oblicuo (paralaje) y masas cuyo valor nominal no coincide con el de la balanza.
4. Parte A, cuestión 3: la pendiente de P frente a m es g , la intensidad del campo gravitatorio. En la Luna la recta seguiría pasando por el origen, pero con pendiente 1,62 N/kg: con las mismas masas, el dinamómetro marcaría unas seis veces menos ($9,81/1,62 = 6,1$). La balanza de platillos, que compara masas, daría el mismo resultado que en la Tierra, porque el peso cambia igual en los dos platillos.
5. Parte B, observaciones esperadas: dos globos frotados con el mismo paño se repelen (misma carga); el globo y el paño se atraen (cargas opuestas: los electrones han pasado de uno a otro); el globo cargado atrae trozos de papel, la lata vacía y un hilo fino de agua del grifo, aunque sean neutros, por polarización. Si se toca el papel con el globo, a veces el papel salta después: ha adquirido carga del mismo signo y es repelido. Con el tiempo, y más con aire húmedo, los efectos se debilitan porque la carga se escapa.
6. Parte B, cálculo: masa del papel de $1,0$ cm $\times$ $1,0$ cm de 80 g/m²: $m = 80$ g/m² $\times$ $1,0 \times 10^{-4}$ m² = $8,0 \times 10^{-3}$ g = $8,0 \times 10^{-6}$ kg. Peso: $P = 8,0 \times 10^{-6}$ kg $\times$ $9,81$ m/s² = $7,8 \times 10^{-5}$ N. Si el globo lo levanta, la fuerza eléctrica es al menos $7,8 \times 10^{-5}$ N.
7. Parte B, comparación: la atracción gravitatoria del globo (5,0 g) sobre el papel, aun suponiendo toda su masa a solo 2,0 cm (lo que la sobreestima), es $F = G m_{\text{globo}} m_{\text{papel}} / r^2 = 6,674 \times 10^{-11} \times 5,0 \times 10^{-3} \times 8,0 \times 10^{-6} / (2,0 \times 10^{-2})^2$ N = $6,7 \times 10^{-15}$ N. La fuerza eléctrica es como mínimo $7,8 \times 10^{-5} / 6,7 \times 10^{-15} = 1,2 \times 10^{10}$ veces mayor. Con unos pocos frotamientos, la fuerza eléctrica de un globo vence la atracción de toda la Tierra sobre el papel.
8. Cuestión 6 (análisis crítico): no se puede concluir que la gravedad sea débil «en general»: entre el papel y la Tierra la gravedad es la fuerza que hay que vencer, y vale $7,8 \times 10^{-5}$ N porque la masa de la Tierra es enorme. La conclusión correcta es que, para masas y cargas de laboratorio, la fuerza eléctrica es incomparablemente mayor que la gravitatoria entre los mismos objetos. Se valora que el grupo note también que el resultado es una cota mínima (solo se sabe que la fuerza eléctrica supera el peso) y que la distancia de 2 cm es una aproximación.