

Torreón de la Física de Cartes y Aula ‘Espacio Tocar la Ciencia’

J Güémez
Aula de la Ciencia
Universidad de Cantabria

Junio 22, 2011

Protocolo de Experiencias de Mecánica

La mecánica tiene que ver con: (i) cuerpos que se desplazan (cochecito de muelle y coche con globo); (ii) cuerpos que giran (peonza, tip-top); (iii) cuerpos que oscilan (muelles, péndulos), (iv) comportamientos extraños (resorte de caucho, rattleback, resorte de metal).

Dos ideas principales: (i) ser capaces de hacer estimaciones, es decir, de hacer cálculos numéricos aproximados, (ii) insistir en la capacidad de predicción de la ciencia, es decir, antes de hacer medidas, anticipar los resultados. Estas habilidades son fundamentales en el diseño de experimentos.

1 Primera Ley de Newton. Principio de Inercia

Al igual que sucede en el lenguaje coloquial, el Principio de Inercia tiene dos acepciones: inercia del reposo e inercia del movimiento.

1.1 Inercia del reposo

1. *Vaso sobre mantel.* Si se coloca un vaso sobre un mantel y el mantel se retira con rapidez, el vaso no se mueve. Con más masa en el vaso, el proceso es más estable, pero también hay que retirar el mantel más rápidamente.

2. *Moneda y cartulina sobre boca de probeta.* Se coloca una moneda sobre una cartulina y todo ello sobre la boca de una probeta. Si se golpea la cartulina con fuerza y en horizontal, la moneda caerá al fondo de la probeta. (Opcional)
3. *Pila de monedas.* Se coloca una pila de monedas sobre una mesa. Con otra moneda colocada sobre la mesa se golpea la moneda más baja de la pila. Aquella sale sin que la pila se caiga.
4. *Paradoja de las bolas.* Dos bolas unidas por un cordel. Al tirar rápido del hilo más bajo, se rompe el cordel intermedio

1.2 Inercia del movimiento

1. *Experiencia de Galileo.* Se utiliza un carril con una bola para discutir el experimento (imaginario) de Galileo.
2. *Bola en carril metálico.* Sobre un carril metálico con forma circular truncada, se lanza una bola. Al abandonar el carril, la bola seguirá la trayectoria indicada por el Principio de Inercia (Opcional)
3. *Bola en tubo de plástico enrollado.* Una bola gira, empujada por el soplido, en un tubo que gira varias vueltas. Dar tres opciones al movimiento final de la bola.
4. *Distinguir un huevo cocido de un huevo crudo*
 - Un huevo cocido y un huevo crudo. (i) Hacer girar rápidamente cada uno de los huevos: el cocido se eleva y se pone a girar sobre su eje mayor; el cocido gira con dificultad; (ii) se hacen girar lentamente cada uno de los huevos y con un dedo se le para; el cocido se para definitivamente y el crudo sigue girando después de levantar el dedo.
 - Una peonza Tip-top (que semeja un huevo cocido)

1.3 El papel del rozamiento

1. *Experimento con peonza de resorte.* Se utiliza una peonza movida por un resorte controlable (energía elástica controlable) y un reloj digital, para medir el tiempo que tarda la misma peonza y en las mismas condiciones iniciales, en detenerse por completo cuando rueda sobre diferentes superficies: (i) fieltro, (ii) catón, (iii) papel, (iv) metal, (v) vidrio. El mayor tiempo en cada caso debe indicar

que en ausencia de rozamiento el tiempo de rotación debería ser infinito.

2. *Mesa de aire.* La experiencia cotidiana es que aquellos cuerpos que se desplazan, giran u oscilan, terminan por cesar en su movimiento. ¿A qué se debe? Al rozamiento. Como científicos tenemos que aportar pruebas de lo que afirmamos. La mesa de aire se construye para mostrar que si se elimina el rozamiento, es más plausible la Ley de la Inercia.
3. *Bola magnética flotante.* Dotada de un sensor de campo magnético y de un microprocesador, controla 16.000 veces por segundo la posición de la bola, retroalimentándose para evitar que caiga.
4. *Peonza perpetua.* Peonza que gira sin cesar. (Opcional). También con microprocesador
1. Vídeo de cámara de alta velocidad de agua en globo de caucho que se pincha el globo y el agua se queda en forma esférica. (Opcional)

2 Segunda Ley de Newton

La Segunda Ley de Newton $\sum_j \mathbf{F}_j = m\mathbf{a}$ resulta bastante difícil de comprobar directamente.

Fuerza gravitatoria. Caída de graves

Fuerza eléctrica. Barras sobre soportes giratorio que son frotadas

No fundamental. Fuerza magnética. Interacción entre imanes

No fundamental. Fuerzas de contacto. Desplazar un objeto con el dedo.

No fundamental. Fuerzas de rozamiento. Interacción eléctrica.

1. *Paradoja Mecánica.* El cono parece 'caer hacia arriba', pero su centro de gravedad desciende. Por eso es más extraño lo que sucede con el tip-top y el huevo cocido (Opcional).
2. *Caída de graves.* La combinación de la Ley de Gravitación Universal aplicada a un cuerpo en la superficie de la Tierra y de la Segunda ley de Newton implica que los cuerpos adquieren la misma aceleración, con independencia de su masa, y que dejados caer de la misma altura tardan lo mismo en alcanzar el suelo.

- Dos bolas, una de vidrio (densidad $2,2 \text{ g cm}^{-3}$) y una bola de plomo (densidad $11,0 \text{ g cm}^{-3}$), se dejan caer de la misma altura. Discutir el tiempo que tardan en llegar al suelo. Se dejan caer a la vez y casi llegan al mismo tiempo.
- Se deja caer cada una de las bolas desde la misma la misma altura (menos de 2 m) y se cronometra con la ayuda de un reloj digital. Se obtiene aproximadamente 1 s. Si se dejan caer desde la mitad de altura de obtiene casi lo mismo. Tiempo de reacción.
- Se utiliza un dispositivo electrónico conectado a un ordenador (electroimán, conector, ordenador, interruptor). Se deja caer de unos 2,8 m. Estimar con la ayuda de la ecuación

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

(demostrar que esta ecuación es dimensionalmente correcta) el tiempo que va a tardar. Tarda unos 0,75 s

- *La pluma y la Moneda.*
- Caída de graves sobre carrito que se mueve en carril sin rozamiento.

3. Ley de Hooke

- Con muelles verticales. Se mide la constante elástica de un muelle con la ayuda de un dinamómetro (de 2 N) y de una regla (de 1 m). Se mide la longitud del muelle en ausencia de fuerzas y con la ayuda del dinamómetro y la regla se obtienen fuerza y elongación y de ahí la constante k del muelle. Esta constante se utiliza luego en diferentes experimentos.

Si se coloca un peso mg , y se hace oscilar, el período de oscilación viene dado por

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

(Demostrar que esta ecuación es dimensionalmente correcta).

- Dos muelles horizontales en carril sin rozamiento. El período de oscilación del carrito, masa 500 g, es de

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

- Resonancia. Si el carrito con los dos muelles se fuerza con una fuerza sinusoidal, si la frecuencia de la fuerza es la del carrito, entonces entra en resonancia. Se puede amortiguar. (Opcional)

4. *Fuerzas de rozamiento estático y dinámico.* Se puede encontrar el centro de gravedad de una barra, no homogénea, colocándola sobre dos dedos situados en sus extremos e intentando acercarlos uno al otro. El punto en el que se juntan los dedos es el centro de gravedad.

5. *Péndulos*

- Péndulo matemático. Calcular y medir el período de un péndulo matemático.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

(Demostrar que la ecuación es dimensionalmente correcta)

- Péndulo físico (Conectado a un ordenador). Calcular y medir el período de un péndulo físico

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{mL^2/3}{m(L/2)g}}.$$

(Demostrar que ...)

- El tentetieso como un péndulo físico.
 - Estudiar los dos períodos del tentetieso águila.
- Péndulo de gravedad variable (Conectado a un ordenador). Calcular y medir el período de un péndulo de gravedad variable:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g \cos \alpha}}.$$

Cuando $\alpha = 1,31$ rad (75°), $\cos\alpha = 0,25$ y el período debe ser el doble de cuando el péndulo se encuentra en vertical.

6. *Péndulos resonantes.*

- Péndulos resonantes débilmente acoplados
- Péndulo de Wilbeorce. Acoplamiento entre los modos de oscilación y los modos de torsión. (Opcional)

3 Tercera Ley de Newton

1. *Acción y Reacción.* Mediante dos dinamómetros se demuestra que la fuerza que uno ejerce sobre el otro es igual a la que el segundo ejerce sobre el primero.
2. *Bola flotante sobre sensor de fuerzas.* La bola flotante ejerce la misma fuerza cuando está pegada o cuando flota.
3. *Coche con globos.* Explicar el movimiento de este coche sobre la base de las presiones no compensadas en el interior del globo.
4. *Helicóptero eléctrico.* Vuela o no vuela dependiendo del sentido de giro. Al cambiar la polaridad del motor, volará cuando antes no volaba.
5. *Helicóptero de globo.*
 - Explicar el vuelo del mismo y la importancia de los ángulos 120, 90 y 45 °.
 - Velocidad de ascensión con el globo menos y más hinchado.
 - Globos menos y más hinchados conectados. Presión del caucho
6. *Cilindro con lápiz y banda elástica.* Si el cilindro está fijo, gira el lápiz. Si el lápiz está fijo, gira el cilindro.
7. *Coche eléctrico con ventilador y vela.* Cuando gira el ventilador, el coche se mueve pues las alas del ventilador golpean el aire y, por reacción, el aire ejerce una fuerza sobre el coche. Si se coloca una vela en otro coche y se aplica el ventilador, el otro coche se mueve. Pero si la vela se coloca enfrente del ventilador del mismo coche, el coche no se mueve, pues el par de fuerzas acción-reacción se aplican sobre el mismo cuerpo.
8. Cañón o fusil de Gauss.

4 Destrucción y creación de Energía Mecánica

Además de las leyes de la Mecánica se necesitan leyes adicionales para explicar lo que sucede.

1. Pelotas que rebotan bastante bien y pelotas que rebotan mal.
2. Debido al rozamiento, toda la energía mecánica desaparece.

3. En el molinete térmico, la energía mecánica aparece gracias al calor. Similitudes y diferencias entre el molinete y el helicóptero [La unidad, la diversidad y la universalidad de la Física]
4. En la máquina de Herón, aparece energía mecánica de rotación. Relación con el helicóptero y la Tercera Ley de Newton.
5. En el balancín térmico aparece energía mecánica de oscilación (Opcional).
6. *Energía metaestable.*
 - Resorte de caucho (varios)
 - Resorte arrollador. Teoría de Catástrofes.
 - Vórtice en una botella.