



Olimpiada de Física 2017

Fase Local

Problemas

1. Juegos Malabares. Un pasatiempo tradicional es hacer juegos malabares, y, como en todo, hay física en ello. En este problema identificará que hay una relación entre el número de bolas y la altura que deben alcanzar.

Para simplificar, vamos a considerar el juego malabar más sencillo, en el que hay $n/2$ bolas por cada mano (n es par), y se repite exactamente el mismo movimiento para cada bola. Asimismo, vamos a ignorar cómo se comienza el juego, y estudiaremos sólo el estado estacionario. Sea τ el intervalo entre lanzamientos sucesivos con una mano. La mano no estará ocupada durante todo ese tiempo: hay una bola en la mano durante un tiempo $\theta\tau$, con θ un número entre 0 y 1.

- ¿Cuál es el período completo?
- ¿Cuánto tiempo permanece en el aire cada bola durante ese período?
- De forma general, ¿cuál es la relación entre la altura máxima que alcanza un objeto lanzado desde altura 0 y el tiempo total que requiere para volver a llegar a la misma altura 0? (en gravedad con constante g)
- Dados los resultados anteriores, exprese la altura que debe alcanzar cada bola como función de n , θ y τ (así como de la aceleración de la gravedad g).
- Aplicación numérica: en la Tierra, con $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, un buen malabarista retiene en su mano cada bola la mitad del tiempo entre lanzamientos, $\theta \approx 0.5$, y frecuentemente consigue $\tau \approx 0.5 \text{ s}$. ¿A qué altura debe lanzar para mantener un total de 6 bolas en movimiento?
- ¿Dónde sería más fácil hacer juegos malabares, la Luna o la Tierra? Suponga, eso sí, que los trajes espaciales son perfectos y permiten total libertad de movimientos.

2. El reflectrón en espectrometría de masas. Bajo el nombre genérico de espectrometría de masas acogemos una tremenda variedad de técnicas. En la denominada TOF (time-of-flight, tiempo de vuelo) se utilizan campos eléctricos para acelerar un ión, y se mide el tiempo de vuelo del mismo tras la aceleración. En la configuración más sencilla, un ión de carga q y masa m , inicialmente en reposo, es sometido a una aceleración rápida por la acción de una diferencia de potencial U , y posteriormente recorre libremente una longitud l . El instante de su llegada es el dato experimental, t .

a) Relacione t y la razón q/m .

Los iones que se miden no estaban todos totalmente en reposo en el momento de activar la diferencia de potencial, y por lo tanto hay una dispersión en la energía cinética que presentan tras la acción del potencial. Eso da lugar a incertidumbres en la determinación de la razón q/m . Para reducir este efecto se propuso el reflectrón o espejo iónico. De nuevo en el caso más sencillo, tras el desplazamiento libre de longitud l , el ión penetra en una región que lo frena con campo eléctrico constante E_m , hasta que rebota. Se mide el instante t_m en el que el ión, en su retroceso, abandona la zona de campo constante.

b) Calcule t_m en términos de la razón q/m , el potencial de partida U , la longitud de recorrido libre l y el campo eléctrico del espejo de iones.

c) Para minimizar el efecto de la dispersión inicial de energías se escoge el campo eléctrico del espejo, E_m , de tal modo que la derivada de t_m con respecto de U sea 0. Obtenga el valor correspondiente de E_m .

3. El tubo silbón. Quizás haya visitado la sala 104 del museo Guggenheim de Bilbao, en la que se encuentra la colección permanente de obras de Richard Serra. Puede que incluso haya caminado por dentro de alguna de estas piezas, en cuyo caso habrá observado que hay muy curiosos efectos sonoros. En este problema va a hacer una primera aproximación a un conocido efecto sonoro, llamado en inglés “culvert whistler”, el silbo de la alcantarilla. En este efecto, un pulso sonoro corto es percibido en el otro extremo de un gran tubo primero como un pulso fuerte de llegada, y luego como una señal continua cuya frecuencia disminuye en el tiempo, hasta una frecuencia límite audible por un tiempo más largo que el pulso.

Sea pues un tubo con diámetro efectivo W y longitud L , ambos grandes en comparación con nuestra fuente de sonido y nuestro detector (es necesario hablar de diámetro efectivo por ciertos efectos ondulatorios, estando relacionado con el diámetro total por un factor 1.17: $D = 1.17W$, donde D es el diámetro geométrico). Se coloca una fuente de sonido en un extremo del tubo, cerca de su borde. Al otro extremo del tubo, y en la zona correspondiente del borde, se coloca el detector. El sonido, en una primera aproximación, se propaga en líneas rectas. Denote su velocidad con el símbolo c .

a) ¿Cuánto tarda en llegar la primera señal al detector desde que se emite?

Claramente, además de la señal directa llegarán al receptor señales rebotadas.

b) ¿Cuándo llega la primera señal con rebote al detector? (Emisión en el instante 0)

c) ¿Cuándo la siguiente?

d) Obtenga una expresión para t_N , el instante de llegada de la señal con N rebotes.

e) Existe una *frecuencia límite*, dada por $1/(t_{N+1} - t_N)$, con N muy grande. Obtenga esa frecuencia.

Aplicación numérica: en el Exploratorium de San Francisco hay un tubo de longitud efectiva $L = 61$ m y diámetro geométrico $D = 48$ cm. La velocidad del sonido es $c = 340$ m/s.

f) Tiempo de la primera señal.

g) Frecuencia límite.