

Física de sistemas de partículas (FSP)

CB020

Guía de problemas

Revisión 4 – Agosto 2025



Videos Física CEAD



Página Física I

(<https://campusgrado.fi.uba.ar/>)

Índice

SOBRE ESTA GUÍA	3
CONTENIDOS MÍNIMOS DE LA ASIGNATURA FSP	4
EVALUACIONES	5
UNIDAD 1: Mediciones, incertezas y leyes de movimiento.....	6
UNIDAD 2: Sistemas de Partículas	15
UNIDAD 3: Cuerpo Rígido	26
UNIDAD 4: Hidrodinámica	40
UNIDAD 5: Ondas Mecánicas.....	45

SOBRE ESTA GUÍA

La presente guía fue elaborada por los docentes y la coordinación de la asignatura Física de Sistemas de Partículas con el fin de cumplir con los requerimientos propios del ciclo inicial de las carreras de ingeniería de la UBA enmarcadas en el Plan 2020.

Los problemas y ejercicios de esta guía son indicativos de la profundidad conceptual y de la capacidad de análisis que se pretende tengan los estudiantes al finalizar la cursada. Los problemas fueron extraídos de libros o creados por los docentes de acuerdo con las necesidades de aprendizaje de los estudiantes y procurando un orden creciente en la dificultad a medida que se avanza en cada unidad temática.

Con el fin de facilitar el aprendizaje y de unificar la terminología empleada en los distintos cursos, al comienzo de algunas unidades se han explicitado la nomenclatura y definiciones adoptadas por la cátedra.

En algunos de los contenidos se sugiere el trabajo con material multimedia a través del Campus de la FIUBA, complemento del aula presencial, de modo que al estudiante le resulte más sencillo la visualización y comprensión de ciertos fenómenos. Asimismo, se recomienda realizar búsquedas en Internet para complementar el estudio de los modelos físicos a través de imágenes, animaciones y videos. En ese sentido, el Centro de Tecnologías Educativas (CETEC), ha creado un repositorio de videos de física al cual se puede acceder mediante el código QR que está en la portada de la presente Guía.

Se busca que la guía de problemas tenga un carácter dinámico para un mejor aprendizaje, por lo cual la revisión continua de la misma tiene una importancia fundamental. De ahí que los comentarios y sugerencias de alumnos y docentes serán bien recibidos y podrán ser enviados a la siguiente dirección: fisica1fiuba@gmail.com

Dra. Alejandra Aguirre

Profesora Titular

Dr. Eduardo Acosta

Profesor Asociado

Coordinador de la asignatura

Dr. Fabio Saccone

Profesor Asociado

CONTENIDOS MÍNIMOS DE LA ASIGNATURA FSP

UNIDAD 1: Mediciones e incertezas. Introducción al proceso de medición. Método general para el tratamiento de incertezas en funciones de dos o más variables. Unidades y análisis dimensional. Técnicas experimentales asociadas a la Mecánica de la Partícula: leyes del movimiento. Repaso Mecánica de la Partícula.

UNIDAD 2: Movimiento del centro de masa de un SP: aislado o sujeto a fuerzas externas. Momento cinético de una partícula y de un SP. Conservación del L. Energía cinética de SP. Energía Potencial de SP. Conservación de la energía. Energía total de un SP sujeto a fuerzas externas. Energía mecánica interna de un SP. Colisiones.

UNIDAD 3: Cuerpo rígido (CR). Concepto de rigidez. Estática de un CR, tipos de vínculos, condiciones de equilibrio. Movimiento de un CR. Ejes principales de inercia. Momento cinético de un CR. Momento de inercia. Teorema de Steiner. Ecuación de movimiento para la rotación de un CR. Concepto de rototraslación. Energía cinética de rotación de un CR.

UNIDAD 4: Introducción a la fluidodinámica: Ecuación de continuidad. Teorema de Bernoulli para fluidos ideales régimen permanente.

UNIDAD 5: Movimiento ondulatorio. Descripción del movimiento ondulatorio y ecuación general. Clasificación de ondas mecánicas. Ondas unidireccionales: transversales en una cuerda o varilla. Ondas unidireccionales: elásticas, de presión en un gas. Intensidad del sonido y nivel de intensidad. Concepto de frente de onda. Efecto Doppler. Superposición de ondas. Ondas estacionarias y resonancia.

EVALUACIONES

La evaluación de la asignatura estará basada en el desempeño de los estudiantes en las actividades planteadas en el curso. Estas actividades comprenden trabajos prácticos de laboratorio, exámenes parciales, cuestionarios en el Campus, y otras actividades propuestas por los docentes.

Requisitos de aprobación de la asignatura

Para aprobar la asignatura FSP, se debe primero aprobar la cursada y luego rendir un examen integrador. La calificación final en actas surge del promedio de la nota de cursada y la del integrador.

Requisitos para aprobar la cursada

La aprobación de la cursada requiere cumplir las siguientes instancias:

- Aprobación del parcial (Hay 3 oportunidades: parcial – 1er recuperatorio – 2do recuperatorio).
- Aprobación de todos los TPs de laboratorio.
- Realización de las actividades propuestas en el curso.

De esas evaluaciones se obtiene la primera calificación correspondiente a la cursada; la cual habilita a rendir la evaluación integradora.

Evaluaciones integradoras

Las evaluaciones integradoras se realizan luego de finalizar la cursada en días y horarios comunes a todos los cursos. Para poder rendir la evaluación integradora se debe contar con la aprobación de la cursada y haberse inscripto previamente en la fecha que el estudiante haya elegido. A diferencia de los parciales que los imparte cada curso, las evaluaciones integradoras son administradas por la Coordinación de la asignatura y son comunes a todos los estudiantes.

“Para rendir la Evaluación Integradora el alumno dispondrá de 3 (tres) períodos consecutivos de 5 (cinco) fechas cada uno, programadas en el Período de Evaluaciones del cuatrimestre en que ha cursado y los inmediatamente siguientes. De estas oportunidades podrá utilizar hasta un máximo de tres (3) para rendir la Evaluación Integradora. De no aprobar en ese lapso se deberá recurrir a la asignatura.”

Fuente: RES 1975 del Consejo Directivo del 07-12-1999.

Para más información sobre la asignatura: integradores, bibliografía, horarios, datos de los distintos cursos, apuntes, etc. consultar la Página de Cátedra del Campus accediendo a través del código QR que se encuentra en la portada, o a través del siguiente link: <https://campusgrado.fi.uba.ar/course/view.php?id=119>

UNIDAD 1: Mediciones, incertezas y leyes de movimiento.

Cálculo de incertezas. Análisis dimensional. Técnicas experimentales.

Leyes de Newton y energía.

- 1) Se midió 5 veces el diámetro de una esfera de acero con un calibre de apreciación de 0,05 mm, obteniéndose los siguientes resultados (todos en mm): 1,25; 1,30; 1,15; 1,20 y 1,35. Obtener para esta dispersión de medidas:
 - a) el valor representativo del diámetro de la esfera
 - b) el error absoluto, el error relativo y el error porcentual
 - c) presentar el resultado de la medición del diámetro de la esfera.

- 2) De las siguientes afirmaciones indicar cuál es verdadera o falsa. Justifique su respuesta
 - a) Es lo mismo expresar una longitud como 9 cm que como 9,0 cm
 - b) 0,0048 tiene 2 cifras significativas y 1,025 tiene 3.
 - c) $(28,027 \pm 0,05)$ kg es la expresión correcta de un peso que fue medido.
 - d) Si t tiene unidades de tiempo, a unidades de aceleración y x unidades de longitud entonces la ecuación $x = \frac{1}{2} at$ es dimensionalmente correcta.
 - e) Dada dos magnitudes A y B con errores relativos e_A y e_B , entonces el error relativo de la magnitud suma $A + B$ es $e_A + e_B$.

- 3) Se quiere hallar el volumen de la esfera anterior considerando la correspondiente propagación de errores.
 - a) ¿Cuántas cifras significativas hay que asignarle a π para que el error relativo de dicho recorte de cifras sea 10 veces menor que el error relativo del diámetro y considerar así que el error de recorte de decimales de pi es despreciable con respecto al ϵ_{rD} ?
 - b) Empleando la cantidad de cifras significativas del punto anterior, calcular el volumen de la esfera y su error absoluto.
 - c) Calcular el error porcentual y discuta si el mismo es un error razonable o muy elevado.

- 4) Para calcular el volumen de un cilindro se han medido su altura y su diámetro varias veces con un calibre cuya mínima división es de 0,02 mm, obteniéndose valores representativos de 25,16 mm y 11,28 mm respectivamente. Si la dispersión entre las mediciones es despreciable y el error mayor viene dado por la mínima división del instrumento:
 - a) Escribir ambas mediciones directas del cilindro con sentido físico.
 - b) Expresar matemáticamente el volumen del cilindro en función de la altura y del diámetro.
 - c) Calcular el volumen del cilindro considerando asignar la cantidad de cifras significativas a π suficientes para despreciar el error por truncamiento (o redondeo).

- 5) Para calcular el volumen de un cilindro se han medido su altura y su diámetro con un calibre cuya mínima división es de 0,02mm, obteniendo los siguientes valores, todos expresados en mm.

Medida	1	2	3	4	5
Altura	25,16	25,18	25,16	25,16	25,14
Diámetro	11,32	11,30	11,26	11,30	11,26

- a) Escribir los valores más probables de las mediciones de altura y diámetro del cilindro con sentido físico.
- b) Expresar matemáticamente el volumen del cilindro en función de la altura y del diámetro.
- c) Calcular el volumen del cilindro con su error considerando asignar la cantidad de cifras significativas a π suficientes para despreciar el error por truncamiento (o redondeo).

- 6) Se comienza a observar el movimiento de un ciclista en un tramo recto de una pista; empleando un adecuado sistema de referencia, su posición en el tiempo está determinada según la ecuación:

$$\vec{r} = (-t^2 + 60t)\hat{i}$$

donde $[r]$ = metros y $[t]$ = s. Se pide (presentar los resultados con 2 cifras significativas)

- a) Calcular la velocidad media entre $t= 10$ s y $t= 20$ s. Ésta ¿es menor a la velocidad media entre $t= 40$ s y $t= 50$ s? Justifique.
- b) Determinar el instante en que pasa por el origen de coordenadas.
- c) Obtener las expresiones de la velocidad y la aceleración instantánea en función del tiempo. Calcular la velocidad en $t = 0$ s ¿en qué instante/s el ciclista está en reposo? ¿Cuándo su aceleración es nula?
- d) Graficar las componentes x de los vectores posición, velocidad y aceleración en función del tiempo. Contestar a partir de la información de los gráficos:
- ¿En qué intervalo de tiempo el movimiento es acelerado y en cuáles es desacelerado?
 - ¿En qué instante/s el ciclista está en reposo?
 - ¿Cuál es la distancia máxima que alcanza el ciclista al origen de coordenadas?
- 7) Un hombre situado en la azotea de un edificio lanza una pelota verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial de $(12,25 \pm 0,05)$ m/s. El intervalo de tiempo que tarda la pelota desde que fue lanzada en llegar al suelo (que se mide con un cronómetro digital accionado por un sensor remoto) es de $(4,25 \pm 0,01)$ s. Emplee que la aceleración de la gravedad es $(9,8 \pm 0,1)$ m/s².
- a) Deduzca la expresión de la velocidad y la posición en función del tiempo empleando un sistema de referencia ubicado en la posición del hombre y tomando como tiempo inicial el momento en que se lanza la pelota.
- b) Determine la altura máxima que alcanza la pelota respecto del suelo y la altura del edificio. Calcule los errores relativos de ambas magnitudes. ¿Cuál de los resultados es más preciso?
- c) Determine la rapidez con que llega la pelota al suelo con sentido físico¹. ¿En cuánto se incrementa el error relativo porcentual si el cronómetro se acciona manualmente (y la incerteza en la medición del tiempo pasa a ser $\Delta t = 0,20$ s)?

- 8) La aceleración en el movimiento de una motocicleta varía en el tiempo según la siguiente ley cuando se describe el movimiento desde un sistema de referencia dado:

$$\vec{a}(t) = (A t - B t^2)\hat{i}$$

siendo los coeficientes $A = 1,2\text{m/s}^3$ y $B = 0,12\text{m/s}^4$. En el instante $t = 0\text{s}$, la moto está en reposo, en el origen de coordenadas.

- a) Obtener la posición y la velocidad en función del tiempo
- b) Graficar la componente del vector posición, velocidad y aceleración en función del tiempo.
- c) Graficar la rapidez en función del tiempo, identificar los puntos singulares y las diferencias con la gráfica de las componentes de la velocidad.

¹ Recortando el error a 2 cifras significativas y expresando el valor representativo de acuerdo con la cantidad de decimales del error.

d) Calcular la posición en el instante $t = 3A/B$ y la distancia recorrida por la motocicleta entre el instante $t = 0s$ y $t = 3A/B$. Escriba los resultados con las cifras significativas apropiadas.

9) Un ave vuela en el plano x-y según las coordenadas cartesianas:

$$x(t) = 2,0 - 3,6t \quad y(t) = 1,8t^2$$

donde $[x]=m$ y $[t]=s$

- Determinar la ecuación de la trayectoria y graficarla
- Obtener los vectores velocidad y aceleración en función del tiempo
- Calcular la velocidad media del ave entre los instantes $t=1,0s$ y $t=5,0s$, compare el resultado con la velocidad en el instante $t=3,0s$

10) Un objeto sigue la trayectoria en espiral que muestra la figura. Mientras la desarrolla, su rapidez es constante, pero el módulo de su aceleración varía. Indique si las afirmaciones son verdaderas o falsas, justificando la respuesta.



- La velocidad del objeto es constante.
- La aceleración del objeto es constante.
- El módulo de la aceleración disminuye.

11) El vector posición de una partícula que se desplaza en 2 dimensiones es:

$$\vec{r}(t) = -2t \hat{i} + (4t^2 - 10) \hat{j} \quad [r] = m; [t] = s$$

- Hallar la ecuación de la trayectoria y graficarla. ¿Cuál es el dominio de la expresión de la trayectoria $y(x)$ para $t \geq 0s$?
- Dar las expresiones de velocidad y aceleración en función del tiempo.
- Responder V/F justificando:
 - El movimiento es acelerado en ambas dimensiones.
 - La componente de velocidad en x decrece con el tiempo

12) Determinar la rapidez y el módulo de la aceleración que tiene un objeto en reposo que está (i) sobre la superficie en el ecuador terrestre, (ii) en Buenos Aires y (iii) en el centro del polo sur geográfico, para un observador fijo al centro de la tierra. Hallar una expresión para la posición, velocidad y aceleración para cada uno de los objetos. Realice un esquema que muestre estas tres magnitudes en un instante de tiempo.

13) Una partícula parte del reposo y describe una circunferencia de diámetro 2 m con una aceleración angular constante de $1,5 \text{ rad/s}^2$.

- Calcular el tiempo que tardará en recorrer la mitad de la circunferencia ¿En qué sistema de coordenadas es conveniente trabajar?
- Para el instante indicado en el punto anterior, calcular la posición, velocidad y aceleración. Realizar un esquema de los 3 vectores.

14) Un piloto desea volar su avión hacia el oeste. Un viento de 90 km/h sopla al sur.

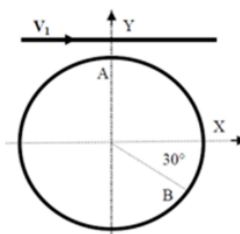
- Si la rapidez (en aire estacionario) del avión es de 320 km/h, ¿qué rumbo debe tomar el piloto para conseguir dirigirse hacia el oeste? Haga un esquema que muestre la situación.
- En esta situación, ¿cuál es la rapidez del avión respecto del suelo?

15) Considere el ave del problema 9.

- Calcular la velocidad y la aceleración en el instante del ave para el instante $t = 3,0s$
- Para ese instante, hallar las direcciones del sistema de coordenadas intrínseco.

- c) Para ese instante, escribir la velocidad y la aceleración en el sistema de coordenadas intrínseco. Dibujar ambos vectores en un mismo esquema.
 d) Hallar el radio de curvatura y el centro del círculo osculador.
 e) De acuerdo a los resultados anteriores, en $t = 3,0\text{s}$, el ave, ¿está acelerando, está frenando, o su rapidez no está cambiando? El ave, ¿está girando? De ser así, ¿en qué dirección?

16) Sobre una superficie plana horizontal el móvil 1 se mueve en una trayectoria rectilínea con velocidad constante de módulo 12 m/s en la dirección que indica la figura. Otro móvil 2 realiza un movimiento sobre una circunferencia de radio 1 m con velocidad angular constante de $2,0\text{ s}^{-1}\mathbf{k}$. Calcule explicando cada paso:



- a) La velocidad relativa del móvil 1 respecto del 2 cuando el móvil 2 pasa por A y cuando pasa por B.
 b) La aceleración del móvil 2 cuando pasa por A, respecto del origen de coordenadas y respecto del móvil 1.
 c) Si en $t=0\text{s}$ el móvil 1 está en el punto de coordenadas $x=0\text{ m}$ y el móvil 2 está en el punto de coordenadas $x=1,0\text{ m}$, $y=0\text{ m}$. Obtener las expresiones de la velocidad y aceleración del móvil 1 respecto del móvil 2.

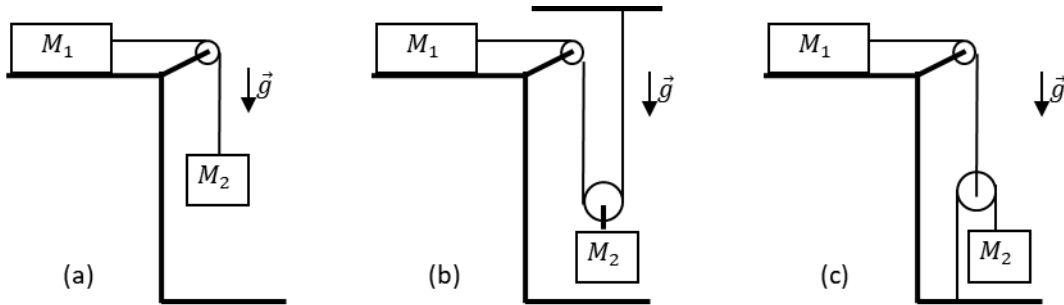
17) Una masa de 500 kg está en reposo sobre una mesa horizontal sin rozamiento. Cuando se le aplica una fuerza F horizontal de módulo constante durante $20,0\text{ s}$ la masa adquiere una velocidad de $0,5\text{ m/s}$.

- a) Realizar el diagrama de cuerpo libre y hallar la aceleración sobre la masa. Indicar explícitamente el sistema de referencia usado.
 b) Hallar la distancia recorrida por la masa durante los $20,0\text{ s}$.

18) Dos bloques de masas $m_1 = 8\text{ kg}$ y $m_2 = 80\text{ kg}$ respectivamente están unidos por una barra y deslizan hacia abajo sobre un plano inclinado que forma un ángulo $\alpha = 30^\circ$ respecto de la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el bloque de menor masa y el plano es $\mu_1 = 0,25$ y el correspondiente al otro bloque es $\mu_2 = 0,50$.

- a) Hallar las expresiones de la aceleración y la tensión en la barra en función de los datos y calcular los resultados numéricos. Indicar explícitamente el sistema de referencia usado.
 b) Analice las expresiones obtenidas para responder las preguntas:
 i) ¿La barra está comprimida o traccionada? ¿Depende este resultado de la ubicación relativa de los bloques?
 ii) ¿Cuál sería la aceleración y la tensión en la barra si los bloques intercambian los coeficientes de rozamiento?
 iii) Si ambos coeficientes son iguales a $0,25$, ¿cambia el resultado obtenido en a)?

19) Considerando los hilos como inextensibles y que no deslizan sobre las poleas deducir la relación entre las aceleraciones de los cuerpos 1 y 2 para los casos a), b) y c). Indique explícitamente el sistema de referencia usado.



20) Para los sistemas del problema 19, considerando las poleas y los hilos como ideales y despreciando la fricción de la masa 1 con la superficie, hallar la expresión para la aceleración de los cuerpos M_1 y M_2 y la tensión en las cuerdas. Comparar las aceleraciones de la masa 1 y 2 en los 3 casos para $M_1 = 4 \text{ kg}$ y $M_2 = 6 \text{ kg}$.

- 21) El movimiento del pistón de un motor de un automóvil es aproximadamente un MAS.
- Si la carrera de un motor (la longitud de la trayectoria) es de $0,1 \text{ m}$ y el motor trabaja a 2500 rpm , calcular la aceleración del pistón en el extremo de la carrera.
 - Si el pistón tiene una masa de $0,35 \text{ kg}$ ¿qué fuerza neta se ejerce sobre él en el extremo de la carrera?
 - ¿Qué rapidez tiene el pistón, en unidades de SI, en el punto medio de su carrera?
 - ¿Cómo se modifican los resultados de los puntos b) y c) con el motor trabajando a 5000 rpm ?

22) Una partícula de masa $m = 4 \text{ kg}$ se mueve a lo largo del eje x bajo la acción de la fuerza (donde $[F]=\text{N}$ y $[x]=\text{m}$)

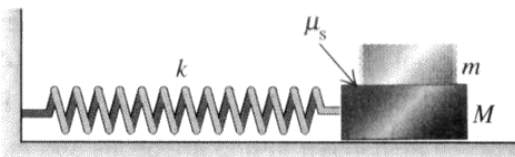
$$\vec{F} = -\frac{\pi^2}{16} x \hat{i}$$

Se observa que, en el instante $t = 2 \text{ s}$, la partícula pasa por el origen, y cuando $t = 4 \text{ s}$ su velocidad es de $4,0 \text{ m/s}$.

- Justificar por qué podemos decir que esta partícula sigue un MAS
- Hallar la longitud de la trayectoria que recorre entre ambos extremos y el período de movimiento.

- 23) Un péndulo simple de longitud $L = 80 \text{ cm}$ y masa $m = 1,0 \text{ kg}$ oscila con una amplitud angular máxima $\alpha_{\text{MAX}} = \pi/18 \text{ rad}$.
- Hallar la ecuación de movimiento. Hallar el período del movimiento. Escribir una solución compatible con los datos del problema.
 - Para la solución propuesta en a) graficar la posición angular, la velocidad y la aceleración angulares como función del tiempo durante 3 períodos consecutivos.
 - Hallar la rapidez de la masa en función de la posición angular. Graficar la rapidez angular como función del tiempo durante 3 períodos consecutivos. Comparar con el gráfico de velocidad angular.
 - Hallar la tensión de la cuerda y la aceleración de la masa en las siguientes posiciones angulares:
 - Posición más baja de la trayectoria
 - Posición extrema de la trayectoria (amplitud angular máxima)
 - Mitad de amplitud angular máxima.

- 24) Un bloque de masa M descansa sobre una superficie horizontal lisa y está unido a un resorte horizontal de constante k . El otro extremo del resorte está fijado a una pared como se muestra en la figura. Un segundo bloque de masa m está apoyado sobre el primero y entre sus superficies hay rozamiento de coeficiente (estático) μ_s . Si al sistema se le hace oscilar, determinar la amplitud de oscilación máxima para la cual el bloque superior no resbale.

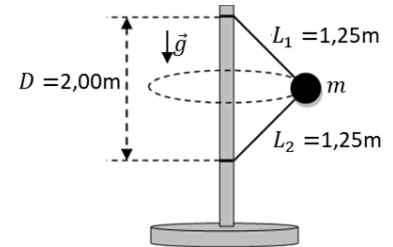


- 25) Una roca de masa $m = 3,0$ kg cae desde el reposo en un medio viscoso. Sobre ella actúan dos fuerzas: una fuerza neta constante de módulo $F = 20$ N (combinación de la fuerza gravitatoria y de la fuerza de flotación ejercida por el medio en la dirección y sentido de la gravedad) y la fuerza de resistencia del fluido $F_v = -k \vec{v}$ (\vec{v} es la velocidad y $k = 2,0$ Ns/m).
- Calcular la aceleración inicial y la aceleración cuando $v = 3$ m/s. Calcular la expresión de la velocidad terminal y obtener su valor numérico
 - Graficar la rapidez de la roca desde que comienza el movimiento hasta el instante 6 s.
 - Calcular los vectores posición, velocidad y aceleración de la roca cuando han transcurrido 2 s de iniciado el movimiento.
- 26) Un paracaidista de 80 kg se deja caer desde un helicóptero estacionario. Durante los primeros 5 s el paracaidista cae libremente (como en el vacío) y entonces abre su paracaídas. A partir de este instante la resistencia que el aire opone a su caída es apreciable y se relaciona con la velocidad del paracaidista \vec{v} mediante la ecuación $\vec{F} = -K \vec{v}$ ($K = 160$ kg/s). Despreciando la masa del paracaídas y asumiendo que el paracaídas se despliega instantáneamente,
- Calcular la velocidad y la aceleración del paracaidista cuando abre el paracaídas
 - Calcular la velocidad límite que alcanzaría el paracaidista con el paracaídas desplegado.
 - Calcular el tiempo que tarda el paracaidista en alcanzar el 95% de la velocidad límite una vez abierto el paracaídas. ¿A qué distancia del helicóptero se encuentra?
- 27) Una piedra de masa $m = 0,90$ kg se la hace girar en una trayectoria circular de radio $R = 0,80$ m mediante una cuerda ideal sobre una mesa sin rozamiento.
- Calcular la expresión del módulo de la tensión de la cuerda en función de la rapidez de la piedra.
 - Si la cuerda se rompe cuando su tensión excede los 500 N (*resistencia a la rotura de la cuerda*), calcular la máxima rapidez que puede alcanzar la piedra sin romper la cuerda.
- 28) Una curva de autopista plana y de 300 m de radio tiene un coeficiente de fricción estático entre los neumáticos y el asfalto que depende del estado del asfalto. Si el asfalto está seco el coeficiente de fricción estático es de 0,75, si se encuentra mojado baja a 0,50 y si hay hielo es de solo 0,25.
- Realizar el diagrama de cuerpo libre y calcular la fuerza de rozamiento cuando el vehículo pasa la curva con seguridad (sin deslizar) en función de la rapidez del vehículo.
 - Determinar la máxima velocidad con que un vehículo puede pasar la curva con seguridad para las tres condiciones del asfalto.
- 29) El peralte es la inclinación que tienen algunas curvas que permite a los vehículos realizar giros a mayor velocidad que si la curva fuese plana, sin correr el riesgo de derrapar. Si la autopista del problema 29 tiene un peralte de 3° ;

- Realizar el diagrama de cuerpo libre y calcular la fuerza de rozamiento cuando el vehículo pasa la curva con seguridad (sin deslizar) en función de la rapidez del vehículo.
- Determinar la máxima y la mínima velocidad con que un vehículo puede pasar la curva con seguridad para las tres condiciones del asfalto.

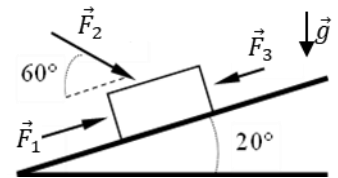
30) Una bola de masa $m = 4 \text{ kg}$ que está sujeta mediante dos cuerdas, gira con velocidad angular constante Ω alrededor de un poste vertical.

- Calcular la expresión de las tensiones de las cuerdas en función de los datos. ¿Cuál de ellas es mayor?
- Calcular la tensión que soporta la cuerda inferior, si la tensión de la cuerda superior es de 70 N . En estas condiciones calcular la frecuencia, en revoluciones por minuto (RPM), con las que gira la bola alrededor del poste.
- ¿A partir de qué valor de frecuencia, la tensión de la cuerda inferior se hace cero? (tener en cuenta que, en este caso, la tensión de la cuerda superior ya no es más 70 N). Explicar qué le sucede a la cuerda inferior si la frecuencia es menor al calculado en c).



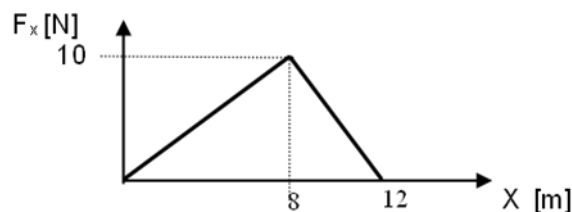
31) Un cuerpo con una masa de 4 kg se mueve hacia arriba en un plano inclinado sin rozamiento de 20° con respecto a la horizontal bajo las fuerzas que se muestran en la figura. Si el cuerpo se desliza hacia arriba 20 m sobre el plano cuando las intensidades de las fuerzas son $F_1 = 100 \text{ N}$, $F_2 = 80 \text{ N}$ y $F_3 = 10 \text{ N}$,

- Calcular el trabajo de cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo
- Calcular la variación en la energía cinética del cuerpo cuando se desplazó los 20 m sobre el plano inclinado.



32) ¿Qué sucede con la energía cinética del cuerpo que se mueve por la espiral del problema 10? ¿Cuánto vale el trabajo de la fuerza neta que actúa sobre la partícula? ¿Por qué?

33) A un objeto de 5 kg que solo se puede mover según el eje "x", se le aplica una fuerza cuya componente F_x varía según el siguiente gráfico.



- Calcular el trabajo realizado por la fuerza entre $x=0 \text{ m}$ y $x=12 \text{ m}$.
- Si el objeto inicialmente estaba en reposo en la posición $x=0 \text{ m}$, calcular la velocidad cuando alcanza el punto $x=8 \text{ m}$ y cuando llega al punto $x=12 \text{ m}$

34) Considere el movimiento de un automóvil de masa $m=1500 \text{ kg}$ sin considerar el rozamiento con el aire.

- ¿Qué fuerza constante debe ejercer el motor de un automóvil para que aumente la velocidad del auto de 4 km/h a 40 km/h en 8 s ?
- Determinar el trabajo hecho por la fuerza y la distancia recorrida por el automóvil.
- Calcular la potencia media del motor, ¿es constante la potencia del motor?

- 35) Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas justificando su respuesta
- Un automóvil puede aumentar su rapidez mientras el motor produce potencia constante. En esta situación la aceleración del auto es constante.
 - Un abuelo de 75 años y su nieta de 21 años, teniendo el mismo peso, suben al primer piso de un edificio por la misma escalera, la nieta lo hace más rápidamente que el abuelo. Como con respecto al piso ambos llegan a la misma altura, ambos realizan el mismo trabajo y desarrollan la misma potencia.
 - Como la energía se puede almacenar, también se puede almacenar la potencia.
 - Los ascensores suben o bajan con la misma velocidad. Cuando un ascensor sube el trabajo realizado por los cables sobre él es positivo y cuando baja es negativo, con el mismo valor absoluto en ambas situaciones.

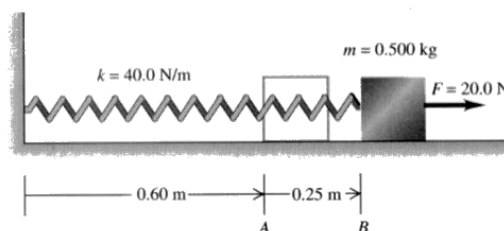
- 36) Un furgón minero cargado tiene una masa de 950 kg y rueda sobre rieles con fricción despreciable. Parte del reposo, y un cable conectado a un malacate tira de él a través de la mina. Los rieles tienen una inclinación de 30° con respecto a la horizontal. El furgón acelera de manera uniforme a una rapidez de 2.2 m/s en 12 s y después continúa con rapidez constante.
- ¿Qué potencia debe proporcionar el motor del malacate cuando el furgón se mueve con rapidez constante?
 - ¿Qué potencia máxima debe proporcionar el motor del malacate?
 - ¿Qué energía total transfirió el motor en forma de trabajo mecánico, cuando el furgón recorrió 1250 m sobre los rieles?

Nota: el malacate es un dispositivo giratorio eléctrico o manual que enrolla un cable de acero. Se usa en minería para arrastrar carros, y delante de vehículos 4x4 para ayudarlos a avanzar cuando quedan anegados o en pendientes muy empinadas.

- 37) Sobre una superficie horizontal sin rozamiento, hay una partícula de masa $m=1$ kg unida a un resorte de constante elástica $k=2000$ N/m y longitud natural $L=30$ cm. El resorte se estira una distancia $d=5$ cm y se suelta.
- Hallar la expresión que relaciona la energía potencial de la partícula en función de la deformación del resorte con su energía cinética.
 - Grafique la energía potencial y la energía cinética en función de la posición de la masa. ¿En qué posiciones son nulas? ¿En qué posiciones son máximas o mínimas?

- 38) Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa justificando su respuesta
Cuando se aplica cierta fuerza a un resorte ideal, éste se estira 2 cm desde su longitud relajada (sin estirar) y se efectúan 10 J de trabajo. Si ahora se aplica el doble de fuerza se el resorte se debe estirar 4 cm y para esto se requerirán 20 J de trabajo mecánico.

- 39) Un bloque de masa $m=0,5$ kg unido a un resorte de longitud natural $L=0,6$ m, con constante elástica $k=40$ N/m y masa despreciable, está en reposo en el punto A de una mesa horizontal sin rozamiento tal como se indica en el esquema. Se tira del bloque hacia la derecha con una fuerza horizontal constante de intensidad $F=20$ N.
- ¿Qué velocidad tiene el bloque cuando pasa por el punto B, que está a una distancia $d=0,25$ m a la derecha de A?

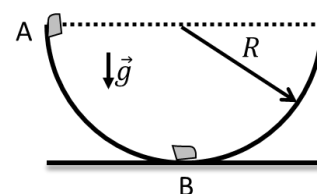


b) Si cuando la masa pasa por el punto B la fuerza F desaparece (se suelta el bloque). En el movimiento que sigue, ¿cuáles son las longitudes máximas y mínimas que toma el resorte?

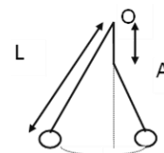
40) Un cuerpo de 20 kg de masa es lanzado con velocidad inicial $\vec{v}_0 = 20 \text{ m/s } \hat{i} + 50 \text{ m/s } \hat{j}$. Despreciando el rozamiento con el aire, calcular:

- La energía cinética, la energía potencial y la energía mecánica inicial.
- La energía cinética y la energía potencial después de 3 s de iniciado el movimiento
- La energía cinética y la energía potencial a 100 m de altura
- La altura del cuerpo cuando la energía cinética se reduce un 80 % de su valor inicial.

41) Una pequeña piedra de masa $m = 0,10 \text{ kg}$ se deja caer desde su posición en reposo en el punto A, en el borde un tazón hemisférico de radio $R = 0,6 \text{ m}$. Suponer que la piedra es pequeña en comparación con R, de manera que puede tratarse como una partícula y que el tazón está fijo al suelo. El trabajo efectuado por el rozamiento sobre la piedra al bajar desde A hasta el fondo del tazón (punto B) es $-0,22 \text{ J}$ ¿Qué velocidad tiene la piedra en el instante que pasa por el punto B?

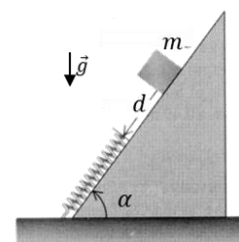


42) Considere un péndulo simple de longitud $L = 80 \text{ cm}$ y masa $m = 1,0 \text{ kg}$ que oscila con una amplitud angular máxima $\alpha_{\text{MAX}} = \pi/18 \text{ rad}$. Si al pasar por la vertical el hilo hace tope en un clavo "A" (ver figura), la altura a la que subirá la lenteja ¿será mayor, igual o menor, que en el caso en que el hilo no hace tope en A? Justificar



43) Un paquete de masa $m = 2 \text{ kg}$ se suelta sobre un plano inclinado que forma un ángulo $\alpha = 53,1^\circ$ a una distancia $d = 4 \text{ m}$ de un resorte largo ideal con constante elástica $k = 140 \text{ N/m}$ sujeto a la base de la pendiente como se muestra en la figura. Los coeficientes de rozamiento entre el paquete y el plano son $\mu_e = 0,40$ y $\mu_d = 0,20$.

- Indicar todas las fuerzas que están actuando sobre la masa en su movimiento y si son conservativas o no conservativas.
- Realizando un análisis energético, determinar la velocidad que tiene el paquete justo antes de llegar al resorte.
- ¿Cuál es la compresión máxima del resorte en su primera caída?
- Analizar si la masa queda en reposo en el punto calculado en c) ó comienza a ascender. Si el movimiento continúa y regresa el paquete, ¿cuánto se acerca a su posición inicial?



UNIDAD 2: Sistemas de Partículas

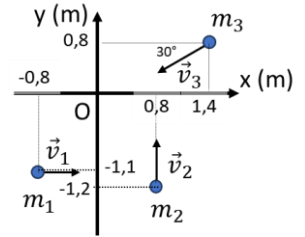
Cantidad de movimiento lineal, angular y su conservación.

Centro de masa.

1. ¿Cuál es la diferencia entre los vectores cantidad de movimiento e impulso lineal? Dibujar y describir ejemplos en donde se pongan de manifiesto estas 2 magnitudes.
2. Una masa de 500 kg está en reposo sobre una mesa horizontal sin rozamiento. Cuando se le aplica una fuerza F horizontal de módulo constante durante 20 s la masa adquiere una velocidad de 0,5 m/s.
 - a. Hallar el impulso lineal causado por la fuerza sobre la masa.
 - b. Realizar una gráfica de F en función de t y hallar el área bajo la curva. ¿El valor de esta área está de acuerdo con el resultado calculado en el punto anterior?
3. La fuerza constante del problema anterior se reemplaza por una fuerza cuyo módulo varía como $F(t) = At^3$ (con $[F]=\text{N}$ y $[t]=\text{s}$) entre $0 \leq t \leq 5$ s y después disminuye linealmente hasta cero en los siguientes 15 s, logrando la misma velocidad final de 0,5 m/s:
 - a. Hallar el impulso lineal causado por la fuerza sobre el cuerpo
 - b. Calcular el valor de la constante A y expresar su unidad
 - c. Calcular la fuerza máxima ejercida sobre el cuerpo
 - d. Realizar una gráfica de F en función de t y hallar el área bajo la curva.
4. Un lanzador de disco aplica una fuerza de $\vec{F} = 30 t^2 \hat{i} + (40 + 5t) \hat{j}$, con $[F]=\text{N}$ y $[t]=\text{s}$, a un disco de 2 kg de masa. Si el disco en el instante inicial estaba originalmente en reposo
 - a. Calcular el impulso sobre el disco si la fuerza se aplicó durante 0,5 s
 - b. Calcular la velocidad que tiene el disco a los 0,5 s
5. Un hombre de 70,0 kg y una mujer de 45,0 kg tienen el mismo momento lineal. ¿Quién tiene mayor energía cinética? ¿Cuál es la razón entre las energías cinéticas del hombre y de la mujer?
6. Una pelota de golf de 45,0 g en reposo adquiere una rapidez de 25,0 m/s tras ser golpeada por el palo de un golfista. Si el tiempo de contacto es de 2,0 ms,
 - a. Calcular el impulso que sobre la pelota producido por el golpe con el palo de golf y el impulso del peso durante el mismo intervalo de tiempo.
 - b. Calcular la fuerza media que actúa sobre la pelota durante el contacto, ¿es significativo el efecto del peso de la pelota durante el tiempo de contacto? ¿Por qué?
7. Una esfera de acero de 40,0 kg se deja caer desde una altura de 2,00 m sobre una plancha de acero horizontal, rebotando a una altura de 1,60 m.
 - a. Calcule el impulso que se da a la esfera en el impacto.

- b. Si el contacto dura 2,0 ms, calcule la fuerza media que actúa sobre la esfera durante el impacto.
- c. Calcular el trabajo realizado por las fuerzas durante el impacto.
8. Escribir las definiciones de: centro de masa y sistema aislado y explicar ambas nociones haciendo un esquema que las ejemplifique.
9. En un instante particular, dos partículas de masas $m_1 = 2,0$ kg y $m_2 = 3,0$ kg se mueven sujetas únicamente a sus interacciones mutuas, así que no actúan fuerzas externas. En el instante $t = 0$ s sus posiciones y velocidades son $\vec{r}_1 = 0,40 m \hat{i} + 1,60 m \hat{j}$, $\vec{r}_2 = -0,60 m \hat{i} + 3,50 m \hat{j}$, $\vec{v}_1 = 0,5 m/s \hat{i} - 0,3 m/s \hat{j}$ y $\vec{v}_2 = 0,4 m/s \hat{j}$
- a. Hallar la posición, velocidad y aceleración del centro de masa para el instante $t = 0$ s
- b. Graficar la trayectoria del centro de masa para $t > 0$ s y hallar su ecuación.
10. Considere que las partículas del problema 15 se mueven en el campo gravitatorio terrestre ($\vec{g} = 9,8 m/s^2 \hat{j}$)
- a. Hallar la posición, velocidad y aceleración del centro de masa para el instante $t = 0$ s
- b. Graficar la trayectoria del centro de masa para $t > 0$ s y hallar su ecuación.
11. Un sistema está compuesto por tres partículas de masas 3 kg, 2 kg, y 5 kg. La primera partícula tiene una velocidad de $6 m/s \hat{i}$. La segunda se mueve con rapidez de 8 m/s en una dirección que forma un ángulo de -30° con el eje x. Todas las velocidades están medidas desde un sistema fijo en reposo respecto del observador:
- a. Hallar la velocidad de la tercera partícula de modo que el CM permanezca en reposo con respecto al observador,
- b. Hallar la velocidad de la tercera partícula de modo que el CM se mueva con velocidad $-2 m/s \hat{i} + 2 m/s \hat{j}$,
- c. Hallar la rapidez de la tercera partícula de modo que el CM la energía cinética del sistema sea 200 joule. ¿Se puede calcular la velocidad?
12. Una persona se encuentra parada sobre una plancha de hormigón que descansa sobre un lago helado. La plancha pesa cuatro veces más que la persona y no hay rozamiento entre la plancha y el hielo (pero sí entre la persona y la plancha). Si la persona comienza a caminar sobre la plancha de forma tal que la plancha se desplaza con respecto al hielo a una rapidez de 0,75 m/s, calcular la velocidad de la persona con respecto a la plancha y con respecto al suelo.

13. En un instante particular, tres partículas de masas $m_1 = 2,0 \text{ kg}$, $m_2 = 0,5 \text{ kg}$, $m_3 = 1,0 \text{ kg}$ están en las posiciones con las velocidades indicadas en la figura ($v_1 = 1 \text{ m/s}$, $v_2 = 2 \text{ m/s}$, $v_3 = 4 \text{ m/s}$). Las tres masas se mueven sujetas únicamente a sus interacciones mutuas



- Hallar la velocidad del centro de masa y la trayectoria del CM del sistema de partículas con respecto al sistema de referencia de la figura.
- Después de cierto tiempo, se observan de nuevo y se tiene que la masa 1 tiene velocidad $\vec{v}_1 = -3 \text{ m/s } \hat{i}$, mientras que la masa 2 está en reposo. Hallar la velocidad de la masa 3.

14. Obtener la relación general entre la energía cinética para un sistema de dos partículas relativo al laboratorio y la energía cinética interna relativa al centro de masa. Considerar conocidas las masas y velocidades respectivas al laboratorio. Justificar si es necesario conocer la dirección y sentido de la velocidad absoluta de cada partícula para el cálculo de la energía cinética en los casos referidos al laboratorio y al centro de masa.

15. Dos partículas de 2 kg y 3 kg se mueven con relación a un observador considerado en reposo, con rapidez de 10 m/s a lo largo del eje +x, y de 8 m/s en un ángulo de 120° medido respecto del mismo eje.
- Expresar los vectores velocidad y hallar la velocidad del CM con respecto al sistema fijo.
 - Expresar la velocidad de cada partícula respecto del CM.
 - ¿Cuál es la energía cinética del sistema de partículas respecto al sistema fijo, y con respecto al CM?

16. Dos cochecitos, inicialmente en reposo, pueden moverse libremente sobre un camino horizontal y recto. El coche A tiene una masa de 4,52 kg y el coche B de 2,37 kg. Ambos están atados entre sí por una cuerda que comprime un resorte ideal de constante elástica $25 \times 10^3 \text{ N/m}$, como se muestra en



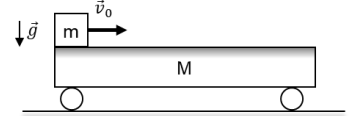
la figura. Cuando se corta la cuerda que los une, el resorte se expande rápidamente y cae al piso, luego de lo cual el coche A se mueve con una velocidad cuyo módulo es 2,10 m/s.

- Analizar la conservación de la cantidad de movimiento y la energía cinética del sistema formado por los dos cochecitos respecto de un sistema de referencia fijo al suelo, desde el instante en que se corta la cuerda hasta el instante posterior cuando el coche A alcanzó la velocidad indicada.
- ¿Cuál será el módulo de la velocidad con que se moverá el coche B?
- ¿Cuánta energía había almacenada en el muelle antes de cortar la cuerda? ¿Cuál era la compresión del resorte?

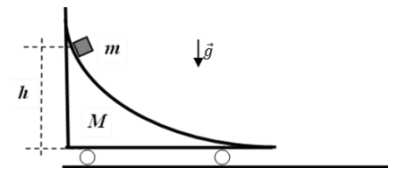
17. Un carro de masa $M = 6 \text{ kg}$ se puede mover sobre un piso horizontal sin fricción. Sobre él se desliza horizontalmente un bloque de masa $m = 2 \text{ kg}$. Entre el carro y el bloque existe rozamiento de coeficiente $\mu = 0,4$. Inicialmente, estando en reposo el carro, el bloque está con una velocidad $v = 5$

m/s respecto de una terna inercial fija a la mesa y ubicado en un extremo del carro como se muestra en la figura. Luego de cierto tiempo el bloque deja de deslizar y se mueve solidario con el carro.

- a. Mientras el bloque desliza sobre el carro:
 - i. realizar los diagramas de cuerpo libre para el bloque y el carro. Indicar los pares de interacción de cada una de las fuerzas actuantes aclarando en qué cuerpo está aplicada cada una de ellas.
 - ii. Hallar la aceleración del bloque con respecto al piso y con respecto al carro.
 - iii. Hallar la aceleración del carro con respecto al piso.
 - iv. Encontrar la velocidad del centro de masa del sistema.
- b. Analizando el movimiento desde que comienza y hasta que el bloque deja de deslizar sobre el carro
 - i. Calcular el desplazamiento del bloque con respecto al piso, el desplazamiento del carro con respecto al piso y el desplazamiento relativo de bloque respecto del carro.
 - ii. Determinar la variación de energía cinética del sistema.
 - iii. Calcular el trabajo de la fuerza de rozamiento sobre el bloque y el trabajo de la fuerza de rozamiento sobre el carro.



18. Un bloque de masa m se desliza sin rozamiento por la superficie curva de la rampa que se muestra en la figura. La rampa, de masa M , está colocada sobre una mesa horizontal, tal que el rozamiento entre la mesa y la rampa es despreciable. Estando el bloque y la rampa en reposo en la posición indicada en la figura se libera el movimiento.



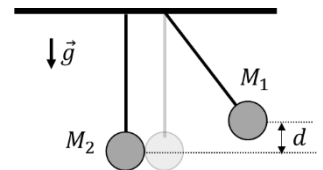
- a. Considerando el sistema formado por el bloque y la rampa, mientras el bloque desciende por la rampa ¿se conserva la energía mecánica del sistema respecto de un sistema fijo al suelo? ¿se conserva la cantidad de movimiento del sistema respecto de un sistema fijo al suelo? ¿se conserva alguna componente de la cantidad de movimiento del sistema respecto de un sistema fijo al suelo?
- b. Demostrar que en el instante que el bloque toma la posición horizontal (o sea, sale de la rampa tangente a esta), el módulo de la velocidad de la rampa es $v = \sqrt{\frac{2m^2gh}{M(m+M)}}$, ¿cuál es el módulo de la velocidad del bloque en ese instante?
- c. Calcular el trabajo que hace la normal (rampa/bloque) hace sobre el bloque desde que comienza a descender y hasta el instante indicado en b)

19. Una plataforma de ferrocarril de masa M se mueve hacia la derecha con rapidez constante V_0 sobre una vía rectilínea horizontal sin rozamiento. Una persona de masa m está inicialmente de pie y en reposo en el medio de la plataforma.
- a. Si en determinado momento la persona comienza a caminar; ¿qué tipo de movimiento realiza el centro de masa del sistema persona-plataforma cuando la persona se desplaza? ¿Se conserva la cantidad de movimiento del sistema? Justifique.

- b. ¿Cuál es el cambio de velocidad de la plataforma si la persona corre hacia la izquierda sin resbalar cuando el módulo de su velocidad con relación a la plataforma sea v ?
- c. Durante el movimiento de la persona, ¿se conserva la energía cinética del sistema?
- d. Hallar la expresión del trabajo de las fuerzas de rozamiento sobre la persona en función de los datos.
20. Un delantero de rugby de 100 kg de masa salta hacia adelante para colocar la pelota detrás de la línea de fondo, y de ese modo anotar un tanto. En el punto de máxima altura de su vuelo, está a 1,2 m del suelo y a 1,1 m de la línea de fondo, y el módulo de su velocidad es 4,2 m/s. En ese punto es bloqueado por un defensa de 110 kg de masa que también está en el punto más alto de su trayectoria, y cuya velocidad, de 2,3 m/s, tiene la misma dirección y sentido opuesto. A partir de ese punto ambos se desplazan solidariamente. ¿Será capaz de anotar el delantero?
21. Una persona de masa m_1 que está parada en una capa de hielo horizontal sin fricción lanza una bolsa grande de masa m_2 con velocidad de módulo v_0 y ángulo α respecto de la horizontal. Si se considera el sistema formado por la persona y la bolsa, durante el lanzamiento, ¿se conserva el momento lineal del sistema?, ¿se conserva alguna componente del momento lineal del sistema? Determine el trabajo de las fuerzas sobre el sistema durante el lanzamiento.
22. Una mañana después de una helada invernal, un auto de 1600 kg que viaja hacia el este a 40 km/h choca con un camión de 2800 kg que viaja hacia el sur a 20 km/h por una calle perpendicular. Si los vehículos quedan enganchados al chocar, ¿cuál es el vector velocidad después del choque? Considerar despreciable el rozamiento entre los vehículos y la calle helada.
23. Un ómnibus de masa 18 toneladas circula en una trayectoria recta a 30 km/h. Una camioneta de masa 3000 kg circula en sentido contrario por la misma vía y con la misma rapidez. En cierto instante el ómnibus y la camioneta chocan plásticamente de frente. Suponiendo que el choque es unidimensional y que las fuerzas de rozamiento son despreciables, calcular:
- la velocidad del centro de masa antes y después del choque,
 - el cambio de velocidad que experimentan los dos vehículos debido al choque,
 - considerando a los pasajeros de ambos vehículos, ¿cuáles de ellos estuvieron más seguros al momento del choque?
24. Repetir los cálculos, considerando que el choque fue elástico. Obtener conclusiones de ambos casos. Para investigar: ingresar a los siguientes enlaces de internet, con el fin de obtener la duración del choque. ¿Para qué podría servir ese dato?
- <https://home.cesvi.com.ar/Posts/ViewPost/Impactos>
National Transportation Safety Board: <https://www.nts.gov/Pages/home.aspx>;
<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/Reports.aspx>;
National Highway Traffic Safety Administration: <https://www.nhtsa.gov/>

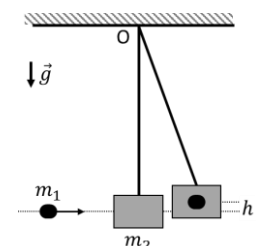
25. Una piedra de 0,1 kg se encuentra sobre una superficie horizontal con rozamiento despreciable. Una bala de 4 g que viaja horizontalmente a 450 m/s golpea la piedra y rebota manteniéndose en el plano horizontal y a 90° de su dirección original, con una rapidez de 300 m/s. Si ambos cuerpos pueden considerarse puntuales
- Realizar dos esquemas con la configuración del sistema piedra y bala inicial y final. Plantear los diagramas de cuerpo libre de la piedra y de la bala entre el instante inicial y final, identificar las fuerzas internas y externas al sistema.
 - Analizar la conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética entre el instante inicial y final.
 - Calcular la velocidad de la piedra después del golpe.
 - ¿El choque es elástico?
26. Una granada de mortero de masa 1,56 kg es lanzada verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial cuyo módulo es 31,0 m/s y explota al alcanzar su máxima altura, dividiéndose en tres partes. Las tres partes comienzan a moverse horizontalmente. Un trozo de 0,78 kg cae a tierra a 212 m al norte del punto de lanzamiento y otro de 0,26 kg cae a 68 m al este. Despreciando el rozamiento con el aire y el efecto del viento,
- Describir la trayectoria del CM del sistema formado por las tres partes durante la caída. Escribir las ecuaciones paramétricas, ¿el CM se encuentra acelerado? Justificar la respuesta
 - Determinar la velocidad del tercer trozo al finalizar la explosión y la posición donde alcanza el piso.
 - ¿Qué velocidad tendría la tercera parte y dónde alcanza el piso si la explosión se realiza cuando la granada tiene el 10 % de la velocidad inicial subiendo?

27. Dos masas M_1 y M_2 están colgadas del techo mediante hilos ideales de la misma longitud. Inicialmente, ambas masas M_1 y M_2 están en reposo en la posición indicada en la figura. Luego se suelta a M_1 desde una altura d impactando contra M_2 . Hallar la expresión general para las alturas máximas finales en función de M_1 , M_2 y d , si la colisión es:



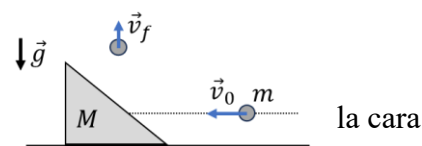
- totalmente plástica
- perfectamente elástica
- Si $M_1 = 0,1$ kg, $M_2 = 0,2$ kg y $d = 0,2$ m, calcular el valor de las alturas respectivas después del choque si la colisión es inelástica, con una pérdida de energía cinética del 10%.

28. El dispositivo de la figura se conoce como péndulo balístico y se utiliza para determinar la velocidad de una bala midiendo la altura h del bloque después que la bala penetra en él. El bloque de masa m_2 cuelga de un hilo fijo al punto O. La bala de masa m_1 impacta sobre el bloque en forma perpendicular al hilo y queda incrustada dentro del bloque.



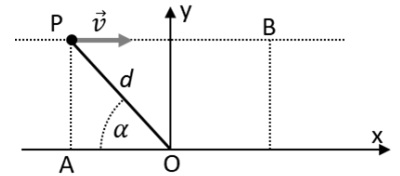
- Realizar dos esquemas con la configuración del sistema bloque y bala inicial y final. Plantear los diagramas de cuerpo libre del bloque y de la bala entre el instante inicial y final, identificar las fuerzas internas y externas al sistema.
- Analizar la conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética entre el instante inicial y final.
- Calcular la velocidad de la piedra después del golpe. ¿El choque es perfectamente elástico?
- Verifique que la velocidad de la bala está dada por $v = (2gh)^{\frac{1}{2}} \frac{m_1 + m_2}{m_1}$

29. Un plano inclinado de masa M está apoyado y en reposo sobre una superficie horizontal cuyo rozamiento es despreciable. En determinado momento, una masa m que se desplaza horizontalmente con una velocidad \vec{v}_0 choca elásticamente contra la inclinada e inmediatamente después del choque, la bola m sale perpendicular al piso y hacia arriba como se muestra en el gráfico. Encontrar la velocidad de la bola \vec{v}_f y del plano después del choque. (Aclaración: el ángulo del plano inclinado con respecto a la horizontal es menor a 45°)

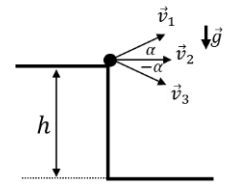


30. ¿Cuál es la diferencia entre momento cinético e impulso angular?, ¿cuál es el punto de aplicación de ambas magnitudes vectoriales?, dibujar y describir ejemplos en donde se pongan de manifiesto estas 2 magnitudes.
31. Cuando la Tierra está en el afelio (la posición más alejada del Sol) el 2 de julio, su distancia al Sol es de $1,52 \times 10^{11}$ m y su velocidad orbital es de $2,93 \times 10^4$ m/s.
- Hallar su velocidad orbital en el perihelio (posición más cercana al Sol), aproximadamente seis meses después, cuando su distancia al Sol es de $1,47 \times 10^{11}$ m.
 - Hallar la velocidad angular de la Tierra alrededor del Sol en ambos casos
 - Dibujar el vector aceleración y sus componentes intrínsecas en al menos 4 puntos de la órbita elíptica.
32. Dos partículas de masas $m_1=1\text{kg}$ y $m_2=3\text{kg}$ se mueven bajo la influencia de interacciones de modo que sus posiciones relativas a un sistema de coordenadas inercial (en m) son:
- $$\vec{r}_1 = 6t\hat{i} - 3t^2\hat{j} \quad \text{y} \quad \vec{r}_2 = (-t + 1)\hat{i} + 3t\hat{j}$$
- Calcular para el instante $t = 0$ s la posición, velocidad y aceleración del centro de masa.
 - Hallar la cantidad de movimiento, el momento cinético y la energía cinética del sistema para todo instante de tiempo.
 - Calcular el impulso de las fuerzas, el impulso angular de las fuerzas respecto del origen del sistema de coordenadas y el trabajo de las fuerzas sobre el sistema entre el instante 0 y 2s.

33. Una piedra de masa $m = 0,30 \text{ kg}$ tiene una velocidad horizontal de $12,0 \text{ m/s}$ cuando está en el punto P como se muestra en la figura ($\alpha = 37^\circ$, $d = 8,0 \text{ m}$).
- ¿Qué momento cinético tiene respecto de los puntos fijos O, A y B en ese instante?
 - Si los datos tienen una incerteza del 10%, ¿cuál es la incerteza absoluta en el cálculo del momento cinético respecto del punto O?

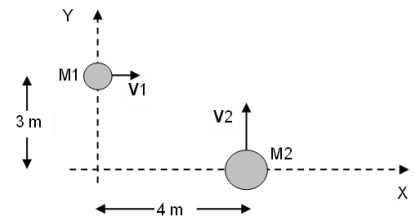


34. Una partícula se arroja desde un acantilado con igual rapidez $v_1 = v_2 = v_3$, en condiciones de tiro en el vacío, desde una altura h sobre el nivel del mar y de acuerdo a los tres casos indicados en la figura. Indicar, justificando la respuesta, si las siguientes aseveraciones son V o F.



- El módulo de la cantidad de movimiento de ingreso al mar es mayor cuando la velocidad es \vec{v}_1 que cuando es \vec{v}_2 .
 - El módulo del impulso que debe darse en el caso de \vec{v}_1 es mayor que en los otros dos casos.
 - El momento angular respecto del punto de partida no permanece constante en ninguno de los tres casos.
35. Una pelota se arroja contra un piso de rozamiento despreciable formando un ángulo θ con la normal. Rebota con un ángulo θ' respecto a la normal.
- ¿Se conserva la cantidad de movimiento en la dirección de la normal durante el impacto?, ¿y en la dirección paralela al piso?
 - ¿Se conserva la energía mecánica de la pelota durante el impacto?
 - ¿Se conserva el momento cinético respecto del punto de impacto durante el impacto?
36. Una partícula que se mueve en el espacio tiene una cantidad de movimiento de $4,0 \text{ kgm/s } \hat{i}$, un momento cinético de $-2,0 \text{ kgm}^2/\text{s } \hat{k}$ y una energía cinética de $2,0 \text{ J}$ respecto de un sistema de referencia inercial. Determinar su masa, velocidad y trayectoria.

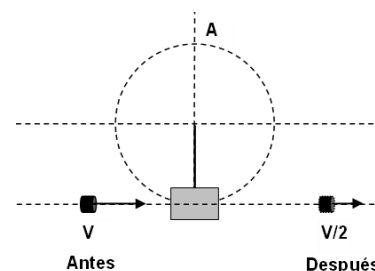
37. Dos partículas m_1 y m_2 de masas $4,0 \text{ kg}$ y $6,0 \text{ kg}$ respectivamente se mueven sobre una mesa horizontal sin rozamiento. En el instante $t=0 \text{ s}$ se encuentran en las posiciones y con las velocidades indicadas en la figura ($v_1 = 2 \text{ m/s}$ y $v_2 = 3 \text{ m/s}$), todas las magnitudes están tomadas respecto de un sistema de coordenadas fijo O.



- Determinar la cantidad de movimiento del sistema respecto a O y al CM.
- Determinar el momento angular del sistema con respecto a O y al CM. Verificar la relación entre ellos.
- Determinar la energía cinética con respecto con respecto a O y al CM. Verificar la relación entre ellos.

38. Considerar el sistema de partículas del problema 22. Si las dos partículas están unidas por un resorte con constante de $2,0 \times 10^{-3}$ N/m y en que en la posición de la figura el resorte no está estirado.
- ¿Cómo afectará esta nueva característica al movimiento del CM del sistema?
 - ¿Cuál es la energía mecánica total del sistema para el instante de la figura? ¿Se conserva la energía mecánica total del sistema?
 - Después de un cierto tiempo, el resorte se comprime 0,40 m. Hallar la energía cinética y la energía potencial elástica de las partículas.
 - Calcular el momento angular del sistema con respecto a O y al CM.

39. Una bala de masa m y que posee una velocidad de módulo V en la dirección y sentido indicado en la figura impacta y atraviesa a una masa M en reposo que cuelga de un hilo ideal de longitud L y sujeta al punto O. Luego de atravesar la masa, la bala sale con velocidad de módulo $V/2$ con la dirección y sentido indicado en la figura. Asumiendo que el tiempo que dura el contacto entre la bala y la masa es despreciable,



- Analizar la conservación de la cantidad de movimiento, del momento cinético y de la energía cinética durante el contacto entre la bala y la masa para el sistema formado por estos dos cuerpos, indicando cuáles de estas magnitudes se conservan y cuáles no lo hacen durante la colisión.
 - Calcular el valor mínimo de V , para que el péndulo describa un círculo completo. Si M describe un círculo completo, ¿puede la velocidad en el punto superior (punto A) ser cero? ¿Por qué?
40. Dos patinadores de 50 kg cada uno, se aproximan siguiendo caminos paralelos separados 1,5 m (supóngase el hielo exento de rozamientos). Los patinadores llevan velocidades de igual dirección, sentidos opuestos y de módulos iguales a 10 m/s. El primer patinador transporta una varilla, de masa despreciable comparada con la de los patinadores, cuya longitud es 1,5 m. El segundo patinador sujeta el extremo de la varilla cuando pasa a su lado.
- Indicar la posición y la velocidad del centro de masa del sistema con respecto a Tierra antes y después de que el segundo patinador tome la varilla.
 - Describir el movimiento desde el sistema centro de masa. Dibujar los vectores velocidad de los patinadores.
 - Analizar y justificar si se conserva para el sistema la cantidad de movimiento, el momento cinético respecto del centro de masas y la energía cinética durante este proceso.
 - Suponer que uno de los patinadores va tirando de la varilla lentamente hasta reducir a 0,75 m su distancia al otro patinador. Contestar el ítem c) para esta nueva situación y realizar un esquema del movimiento que hacen los patinadores en esta nueva situación indicando si la posición del CM cambia o permanece en el mismo lugar.
 - Comparar las energías cinéticas del sistema correspondientes a las partes b) y d).

41. Dos partículas iguales de masa m se encuentran inicialmente en reposo unidas por una barra rígida de masa despreciable sobre una superficie horizontal sin rozamiento. Una tercera partícula, también de masa m , se desplaza sobre la superficie con velocidad constante \vec{v} en dirección perpendicular a la barra y dirigida hacia una de las dos partículas unidas a la barra. Luego de chocar las partículas quedan unidas.
- Analizar la conservación de la cantidad de movimiento para el sistema formado por las tres partículas durante la colisión.
 - Analizar la conservación de la energía cinética para el sistema formado por las tres partículas durante la colisión.
 - Analizar la conservación del momento cinético respecto del centro de masa del sistema para el sistema formado por las tres partículas durante la colisión.

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

42. Ensayos de impacto:

Para comprobar la resistencia mecánica de algunos productos (por ejemplo, electrodomésticos), las normas IRAM e IEC exigen la realización de ensayos de impacto sobre las carcasas de dichos productos. Estos ensayos consisten en impactar una bola metálica con una determinada energía sobre la muestra a ensayar y, el resultado final para que el producto pase la prueba, es que no se rompa ni raje la carcasa luego del impacto.

Hay tres métodos que son los principales para realizar este ensayo:

- Un péndulo que se suelta desde un ángulo prefijado,
- un martillo (que consiste en una bola dentro de un caño con un resorte que la impulsa),
- una masa en caída libre desde una altura determinada.

Actividades:

- ✓ En base a lo anterior, realizar una búsqueda por internet de los tres métodos normalizados, hacer un esquema y un breve resumen (no copiar y pegar) con la descripción de cada uno de los sistemas indicando valores típicos de masa, dimensiones de la bola y de energía de impacto en cada caso (Extensión máx. 2 páginas).
- ✓ Diseñar un dispositivo de cada método para que el ensayo por los tres métodos logre la misma energía de impacto de 6 J. Hacer los respectivos esquemas y cálculos indicado en cada caso, por ejemplo, el largo del péndulo, el ángulo al que hay que lanzarlo, la constante elástica del resorte y la compresión que hay que comprimirlo y, finalmente, la altura de lanzamiento y masa de la bola en el caso del 3er método (extensión máx. 1,5 pág.).
- ✓ Calcular la cantidad de movimiento de la bola un instante antes del impacto en cada caso del punto anterior ¿es el mismo en los tres métodos?
- ✓ Hacer un breve informe de no más de cuatro páginas con los datos utilizados, los cálculos, los esquemas y el análisis de la situación.

43. El momento angular de una moto en el aire

El siguiente comentario es del autor de un manual sobre manejo de motos enduro:

"Una cosa curiosa, cuando la moto está en el aire, es que si aceleramos, la máquina tiende a levantar rueda delantera. Y si accionamos freno trasero, la moto baja de delante. Nunca he entendido el porqué de esto. Pero es así. De manera que podemos utilizarlo para reposicionar la moto, en el aire, cuando se ha salido del salto con la rueda delantera demasiado alta o demasiado baja, acompañando con el traslado del cuerpo, hacia delante, presionando hacia abajo el manillar, o hacia atrás, respectivamente. Muchos expertos dicen que, cuando la moto está en el aire, se pierde tiempo de tracción y aconsejan acortar el salto lo máximo posible."

Fuente: <http://es.slideshare.net/jesicaordonez/manual-enduro> (Página 18).

En base a lo anterior, propone analizar el momento angular de la moto cuando está en el aire con respecto a su CM y con respecto a un punto fijo a Tierra.

Actividades:

1. Buscar información sobre valores típicos de velocidad y masa de una moto enduro y con esos datos calcular el momento cinético respecto del centro de masa de la moto cuando está en el aire después de un salto. Realizar un esquema de la moto en el aire identificando el CM de la moto y el CM de cada rueda.
2. Suponer que, debido a la inercia, la rueda de atrás sigue girando en el aire. Estimar una posible velocidad de giro la rueda trasera teniendo en cuenta la velocidad de desplazamiento de la moto en la tierra y calcular el momento cinético de la rueda con respecto a su CM. Calcular el momento cinético total de la moto con respecto a su CM.
3. Si cuando la moto está en el aire el motociclista acelera y le imprime cierta velocidad angular Ω a la rueda de atrás, ¿se modifican los momentos cinéticos calculados en el punto 2? ¿puede suceder lo que dice el autor del manual que, al acelerar la rueda de atrás, la moto se levanta de adelante? Debata este punto con sus compañeros.

Hacer un breve informe de no más de 2 páginas con los datos, los cálculos, los esquemas y el análisis de la situación.

UNIDAD 3: Cuerpo Rígido

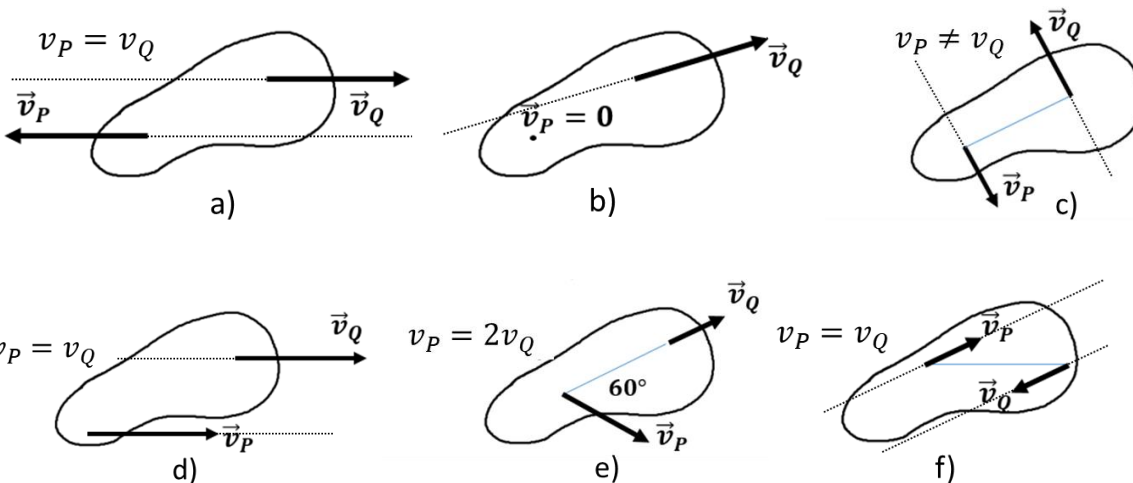
Momento de inercia; rototraslación; vínculos; rodar sin deslizar; energía del CR.

Definiciones:

- Rototraslación: es el caso más general de movimiento de un cuerpo libre en el espacio.
- Rodadura: es una rototraslación pero vinculada a una superficie que guía o limita su movimiento de alguna manera. Puede deslizar o no.
- Rodar sin deslizar (RSD): es una rodadura pero sin deslizamiento, en donde se cumple que:

$$\mathbf{V}_{cm} = \boldsymbol{\Omega} \times (\mathbf{r}_{cm} - \mathbf{r}_{cir}) = \boldsymbol{\Omega} \times (\mathbf{r}_{cm-cir})$$

- 1) En el gráfico se conoce la velocidad de dos puntos del cuerpo. Indicar si los cuerpos pueden ser rígidos o no. Justificar utilizando la condición de rigidez.

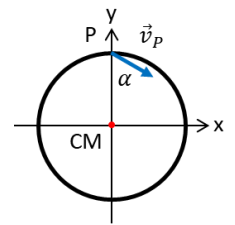


- 2) ¿El centro de masa de un objeto puede estar localizada afuera del mismo?, proporcione algunos ejemplos para los que este caso sea verdadero.
- 3) La aceleración debida a la gravedad se vuelve más débil por cada metro de aumento de elevación sobre la superficie de la Tierra, con lo cual, las partes superiores de un cuerpo homogéneo pesarán levemente menos que las que están más cerca de suelo y el CG (centro de gravedad) estará levemente corrido del punto medio del objeto que es donde se encuentra el CM (centro de masa).

- Escribir la diferencia entre CM y CG,
- A partir de la expresión de la fuerza gravitatoria escribir la expresión general de la aceleración de la gravedad con la altura z , $g(z)$, en función de la gravedad al nivel del mar g_0 y el radio terrestre R_T .
- Escribir la expresión integral de la posición del CM y del CG para una varilla homogénea y uniforme, de longitud L , apoyada en el suelo y paralela a la vertical,
- Con la información suministrada, ¿podría determinar si el CG va a estar por encima o por debajo del CM (punto medio del edificio)? Justificar.
- Calcular la distancia entre el CM y el CG para un edificio de 400 m de altura cuya densidad lineal se considera constante y expresar el resultado en metros con 2 cifras significativas (por practicidad realice la aproximación de $g(z)$ a primer orden en (z/R_T) para el cálculo de CG). ¿El resultado sería el mismo si el edificio se construyese en la Luna?

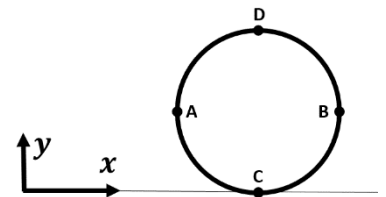
- 4) En un instante dado un cuerpo cilíndrico homogéneo de radio 30 cm se está moviendo. En un cierto momento se conoce que la velocidad del centro de masa es $-10 \text{ m/s } \hat{j}$ y que el punto P tiene una velocidad de 20 m/s en la dirección y sentido indicado en la figura ($\alpha = 60^\circ$).

- Analizar el tipo de movimiento que posee el cilindro y su condición de rigidez.
- Hallar gráficamente la posición del CIR en este instante.
- Hallar analíticamente la posición del CIR en este instante y verificar el resultado obtenido en b).



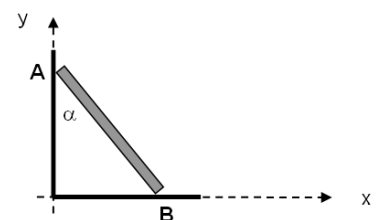
- 5) Un disco rígido y homogéneo de 10cm de radio se encuentra rodando sin resbalar por un plano horizontal. Para un determinado instante, se sabe que la componente x de la velocidad del punto A es 1m/s y que la aceleración angular del cuerpo es de 20 rad/s^2 en dirección $-\hat{k}$.

- Calcular y graficar las velocidades de los puntos A, B, C, D y del centro de masa del disco.
- Repetir los cálculos para las aceleraciones de todos los puntos calculados en a)



- 6) Una escalera homogénea de longitud $L = 1 \text{ m}$, está apoyada en el piso y en la pared como se muestra en la figura. Conociendo que el ángulo de inclinación $\alpha = 30^\circ$ y que la velocidad del punto A es $-2 \text{ m/s } \hat{j}$, hallar, para este instante:

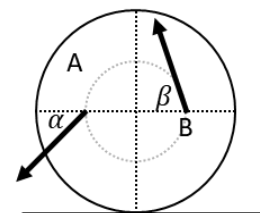
- La posición del CIR
- La velocidad del punto B
- La velocidad del CM



- 7) A un volante cilíndrico de radio 1 m se lo hace girar a velocidad angular de 5 rad/s con su eje horizontal alrededor de un eje horizontal que pasa por su CM y a una altura de 11 m. Estando el centro de masa en reposo, se lo deja caer en caída libre.

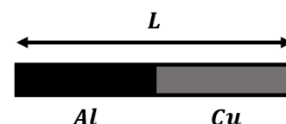
- a) Empleando herramientas de cinemática, calcular la velocidad del centro de masa justo antes de tocar el piso.
- b) Calcular la velocidad del punto que hará contacto con el piso, justo antes de tomar contacto.
- c) Determinar la posición del centro instantáneo de rotación (CIR) del volante justo antes de tomar contacto con el piso.

- 8) Un cilindro homogéneo rígido de masa M y radio R , $I_{CM} = 1/2 MR^2$ se mueve sobre una mesa horizontal. En la figura se indican las velocidades de dos puntos A y B del cilindro para un dado instante de tiempo. Los puntos están a la distancia $R/2$ del centro de masa del cilindro y alineados diametralmente paralelos al piso, como se muestra en la figura. El punto A tiene una velocidad de módulo V_A , que forma un ángulo $\alpha = 30^\circ$ con la horizontal y tiene el sentido indicado en la figura. El punto B tiene una velocidad de módulo desconocido, forma un ángulo $\beta = 60^\circ$ con la horizontal y sentido indicado en la figura.



- a) A partir de la condición de rigidez calcular la expresión del módulo de la velocidad del punto B y determinar la posición del CIR en forma gráfica y analítica. Justifique si el cilindro rueda sin deslizar o si desliza en la mesa.
- b) Empleando un sistema de coordenadas cartesiano fijo a la mesa, escribir las expresiones de la energía mecánica, de la cantidad de movimiento en este instante y, por otra parte, el momento cinético respecto al centro de masa, para el instante de la figura.

- 9) Una varilla delgada de longitud $L=1$ m y sección $S=1$ mm² está compuesta de dos materiales homogéneos diferentes, una mitad de cobre ($\rho_{Cu} = 8960$ Kg/m³) y otra de aluminio ($\rho_{Al} = 2700$ Kg/m³) como se muestra en la figura.

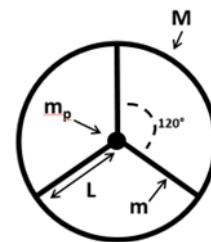


- a) Determinar la ubicación del centro de masa de la varilla compuesta.
- b) Si uno de los extremos de la varilla se fija a un pivote de manera que pueda rotar libremente entorno a él, ¿En qué extremo debería fijarse el pivote si se busca el menor momento de inercia respecto del eje de rotación que pasa por dicho punto? justificar obteniendo el momento de inercia correspondiente.

- 10) Una esfera hueca de plomo y otra maciza de madera, tienen igual radio R y masa M . La de plomo gira respecto de un eje baricéntrico. ¿Qué distancia habrá que desplazar el eje baricéntrico de la esfera de madera para que el momento de inercia con respecto a este nuevo eje, sea el mismo que el que tiene la esfera hueca de plomo con respecto a su eje baricéntrico?

Nota: I_{cm} (esfera maciza) = $2/5 MR^2$; I_{cm} (esfera hueca) = $2/3 MR^2$

- 11) La llanta de la figura se encuentra construida con un aro de masa $M=1000$ g al que se le soldaron tres varillas delgadas de largo $L=10,0$ cm y masa $m=500$ g formando un ángulo de 120° entre sí. El centro de la llanta posee soldada una partícula de masa $m_p=200$ g. Tanto el aro como las varillas pueden considerarse cuerpos rígidos y homogéneos.



- Determinar la posición del centro de masa del cuerpo rígido compuesto.
- Calcular el momento de inercia respecto a un eje perpendicular a la hoja que pase por el CM de la llanta y respecto a un eje que pase por un punto del borde de la misma. ¿Es indistinto que punto del borde que se elija?
- La balanza utilizada para medir la masa de los cuerpos posee una resolución de 1 g, mientras que las longitudes fueron medidas utilizando una regla milimétrica, calcular la incerteza absoluta, relativa y porcentual de los valores calculados en el punto anterior.
- Expresar el resultado con su error recortando adecuadamente los decimales del valor representativo.

- 12) Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas (si es falsa indique un contraejemplo).

Justificar:

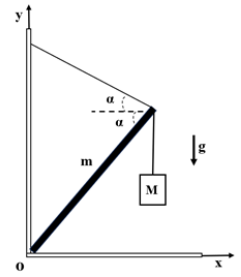
- Si la velocidad de centro de masa es nula, entonces el cuerpo rígido se encuentra en reposo.
 - Si la aceleración de centro de masa es nula, entonces el cuerpo rígido se encuentra en equilibrio.
 - La posición del centro de gravedad de un cuerpo coincide siempre con la de su centro de masa.
 - El centro instantáneo de rotación coincide siempre con un punto material del cuerpo rígido.
- 13) Sobre una barra uniforme de 120cm de longitud se aplica el sistema de fuerzas de la figura, donde $\vec{F}_1 = 2N\hat{j}$ y $\vec{F}_2 = 1N\hat{i} - 3N\hat{j}$. ¿Se puede emplear una única fuerza para equilibrar la barra?, en caso de respuesta afirmativa halle la equilibrante y el punto de aplicación.



- 14) Una viga uniforme de aluminio de 12,0 m de longitud pesa 300 N y descansa horizontal y simétrica entre dos apoyos separados unos 5,0 m. Una persona de masa 60 kg parte de uno de los puntos de apoyo y camina lentamente sobre la viga. Los apoyos se pueden considerar puntuales de forma que la fuerza que realizan ellos tiene dirección vertical.

- Hallar la expresión de las fuerzas que realizan los apoyos sobre la tabla en función de la posición de la persona.
 - Calcular las posiciones donde debe ir la persona para que la viga se incline.
- 15) Dos amigos suben un tramo de escalera cargando una caja de 100 kg a velocidad constante. La caja mide 125 cm de longitud y 50 cm de altura y se asume que el centro de gravedad está en su centro. Las escaleras forman un ángulo de 45° con respecto al piso. La caja también se carga inclinada 45° , de modo que su base esté paralela a la pendiente de las escaleras. Si la fuerza que aplica cada uno tiene dirección vertical, calcular la fuerza que ejerce cada uno de ellos.

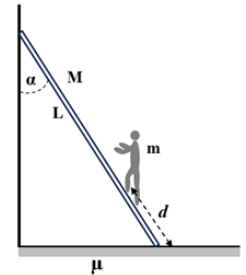
16) Una varilla homogénea de masa $m=4,0$ kg y de longitud desconocida se encuentra en equilibrio bajo las condiciones que se muestran en la figura. El extremo superior se encuentra unido a la pared y a un bloque de masa $M=10$ kg por una soga ideal que forma un ángulo $\alpha=30^\circ$ como se muestra en la figura.



Determinar:

- La tensión de la soga que une el extremo superior de la varilla a la pared
- La reacción de vínculo en el extremo inferior de la varilla
- ¿Qué ángulo forma la reacción de vínculo respecto a la varilla?

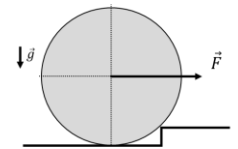
17) Un pintor de masa $m=70$ kg está subido una distancia $d=1$ m sobre una escalera de masa $M=10$ kg y longitud $L=3$ m que se encuentra apoyada contra la pared formando un ángulo α . Suponiendo que sólo hay rozamiento $\mu = 0,2$ entre el piso y la escalera:



- Determinar el ángulo α máximo de forma tal que la escalera no resbale.
- Si el pintor desea subir al extremo superior, ¿con qué ángulo α máximo debió haber apoyado previamente la escalera?

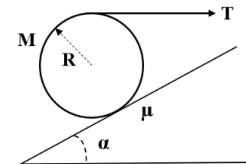
Aclaración: considerar los escalones horizontales con lo cual la normal que la escalera le hace a la persona es vertical.

18) Para subir una rueda de bicicleta de masa M y radio R a un escalón de altura h se aplica una fuerza horizontal como se muestra en la figura. Asumiendo que la rueda no desliza en el escalón,



- Calcular la menor intensidad de la fuerza para que la rueda suba el escalón
- Calcular cuál sería el valor mínimo si la fuerza está aplicada en la parte superior de la rueda

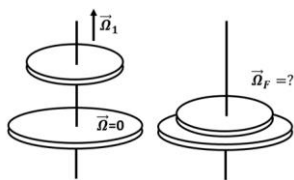
19) A un cilindro homogéneo de masa M y radio R se le aplica una tensión horizontal T por medio de una soga ideal para mantenerlo en equilibrio estático sobre un plano inclinado de ángulo α con rozamiento μ_e como se muestra en la figura.



- Hallar la expresión de la tensión en la soga, la fuerza de rozamiento y la normal de contacto en función de los datos.
- En base al punto anterior analizar cualitativamente la condición de equilibrio para los valores límites: $\alpha \rightarrow 0$, $\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$
- Suponiendo un $\mu_e=0,5$ ¿es posible mantenerlo en equilibrio para $\alpha = 45^\circ$?

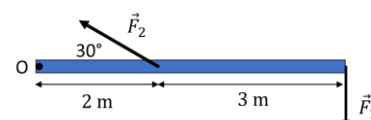
20) Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Justificar:

- Se tiene un disco, una esfera y un anillo que poseen la misma masa M y el mismo radio R . Si se los hace rotar alrededor de un eje perpendicular al plano del disco y del anillo que pase por el centro de cada uno de los tres cuerpos, se cumple entonces que los tres poseen el mismo momento de inercia.
- Dos cilindros homogéneos tienen igual masa y radio, pero diferente altura. Entonces, el cilindro que posee mayor volumen tendrá un mayor momento de inercia respecto a un eje baricéntrico que sea perpendicular a la cara circular de los cilindros.

- c) Conociendo el radio de giro baricéntrico R_g asociado a un eje, el momento de inercia baricéntrico de un cuerpo rígido de masa M puede calcularse como $I_{CM} = M R_g^2$, independientemente de la forma del cuerpo.
- d) El momento de inercia respecto a un eje que pasa por el centro de masa de un cuerpo es siempre menor que el de un eje que sea distinto y paralelo al anterior.
- e) Para un cuerpo rígido, los vectores momento cinético \vec{L}_{CM} y velocidad angular $\vec{\Omega}$ son siempre paralelos.
- f) Para cualquier cuerpo rígido en 2 D podemos encontrar al menos 2 ejes principales de inercia.
- g) Los patinadores pueden variar su velocidad angular modificando la distribución de masa alrededor de su eje de giro. Lo anterior se puede explicar mediante la conservación de la cantidad de movimiento.
- 21) Un clavadista salta del trampolín con los brazos hacia arriba y las piernas estiradas, de forma que su momento de inercia alrededor de su eje de rotación es de 20 kg m^2 . Luego se encoge reduciendo su momento de inercia a $3,6 \text{ kg m}^2$ y da 2 revoluciones completas en 1,2 s. Si no se hubiera encogido, ¿cuántas revoluciones habría dado en los 1,5 s desde el trampolín al agua?
- 22) Un muchacho sentado sobre un taburete de piano que está girando con velocidad angular constante sostiene en las manos, con los brazos extendidos, dos masas iguales. En cierto momento y sin mover los brazos, suelta las dos masas.
- ¿Ocurre algún cambio en la velocidad angular?
 - ¿Se conserva el momento cinético?
 - Si el muchacho repentinamente encoge los brazos: ¿varía su velocidad angular? Explicar
 - En la situación c) ¿varía su energía cinética? Explicar
- 23) Un disco de masa M_1 y radio R_1 está girando con velocidad angular inicial $\vec{\Omega}_1$ alrededor de su eje de simetría sin rozamiento. Dicho disco cae sobre otro de masa M_2 y radio R_2 que se encuentra inicialmente en reposo en el mismo eje que el anterior. Debido al rozamiento entre las superficies, los dos discos adquieren una velocidad angular final y común $\vec{\Omega}_F$.
- 
- Obtener valor de la velocidad angular final de los discos.
 - Calcular la energía disipada por el rozamiento de los discos desde que entran en contacto y hasta que giran solidarios.
- 24) Un volante es una gran masa rotante que permite acumular energía cinética de rotación para luego transferirla a algún sistema. Esto se usa, por ejemplo, para arrancar un motor. Suponga que un volante (con forma de disco) de un motor debe ceder 400 J de energía cinética cuando su frecuencia de rotación se reduce de 660 rpm a 540 rpm .
- ¿Cuál debería ser el momento de inercia del volante?
 - Si el volante es un cilindro macizo de aluminio de 50 cm de longitud, ¿cuáles serían sus dimensiones y su masa?

25) Una barra uniforme de masa M y longitud L ($I_{CM} = ML^2/12$) puede moverse en un plano horizontal sin rozamiento alrededor de un pivote A ubicado en el extremo de la barra. Estando en reposo, un dispositivo le aplica un momento (torque) de módulo $\vec{\tau}_0$ perpendicular al plano, ¿cuál es la aceleración del centro de masa, la aceleración angular y la fuerza que le ejerce el pivote a la barra en el instante inicial y luego de transcurrido un tiempo t ?

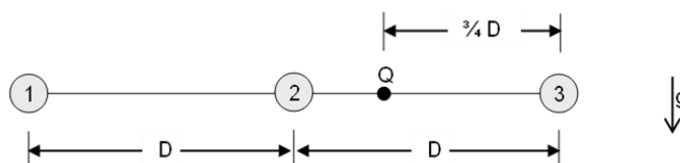
26) Una barra sólida y homogénea de 23kg y 5m de longitud puede pivotear (en un plano horizontal) alrededor de un extremo (punto O). Cuando se le aplican dos fuerzas de módulos $F_1 = 8,0\text{ N}$ y $F_2 = 12,0\text{ N}$ como se indica en la figura y suponiendo que está en reposo, ¿cuál es la aceleración del centro de masa y la aceleración angular?



27) Una esfera maciza de radio R y masa M se hace bajar desde el reposo rodando sin resbalar por un plano inclinado de ángulo α ($\alpha < 40^\circ$).

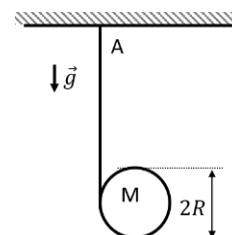
- ¿Puede asegurarse si existe fuerza de rozamiento entre el cuerpo y el plano? En caso de que haya, ¿Puede indicar si es estática o dinámica?
- Hallar la expresión de la aceleración del centro de masa y la aceleración angular en función de los datos.
- Si el cuerpo se suelta desde una altura H (tomados desde el suelo al CM), hallar la expresión de la velocidad de CM y velocidad angular cuando abandona el plano inclinado.
- ¿Cómo se modifica el resultado del punto c) si se usa un aro? Si se hace una carrera bajando el plano inclinado entre la esfera y el aro, ¿quién ganaría?

28) La figura muestra una barra rígida de masa despreciable que tiene tres masas puntuales iguales (M) unidas a ella. La barra tiene libertad de girar alrededor de un eje sin fricción perpendicular a ella que pasa por el punto "Q" y se suelta desde el reposo en la posición horizontal ($t=0\text{ s}$). Suponiendo que M y D son datos,



- Calcular el momento de inercia del sistema (barra + masas) alrededor del pivote.
- Calcular el torque o momento de las fuerzas respecto de "Q" (en $t=0\text{ s}$)
- Calcular la fuerza de vínculo que realiza el pivote en ese instante.
- La velocidad de la masa 3 cuando la barra está vertical.

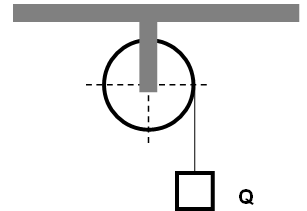
29) Una cuerda ideal se enrolla en un disco rígido y homogéneo de masa $M=0,50\text{ kg}$ y radio $R=10\text{ cm}$. El extremo libre de la soga se ata al techo (punto A). El cuerpo, que parte del reposo, desciende desenrollándose de manera tal que la cuerda no patina sobre la superficie del disco.



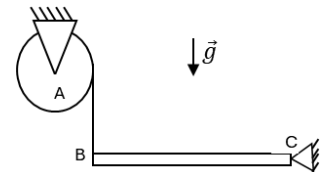
- Calcular la aceleración del centro de masa y la aceleración angular.
- Calcular la fuerza que la soga le hace al cuerpo.
- Determinar el momento angular del cuerpo respecto al punto "A" cuando transcurrieron 2 segundos de haberse soltado.

- 30) Un cilindro rígido y homogéneo de radio $R=50$ cm y masa $M=500$ g, se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal y rugosa de coeficientes 0,30 y 0,50. En un instante se le aplica en el centro de masa una fuerza constante y horizontal de intensidad $F=9$ N.
- Verificar si el cuerpo en algún momento logra rodar sin deslizar o rueda deslizando para todo t .
 - Calcular la aceleración del centro de masa del cuerpo y la fuerza de rozamiento.

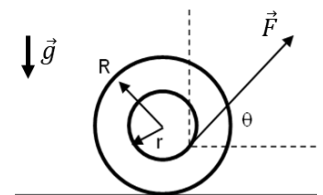
- 31) En el dispositivo de la figura, la polea cilíndrica es homogénea, tiene una masa de 10 kg y un radio de 40 cm. El cuerpo colgante Q, tiene una masa de 30 kg y se lo suelta desde el reposo. En el instante en que la rapidez del cuerpo Q es de 2 m/s, se le aplica a la polea una cupla de frenado constante de módulo 200 Nm.
- Dibujar en forma cualitativa la cupla de frenado aplicada.
 - Calcular la distancia que recorrerá el cuerpo Q, desde el instante en que se aplica la cupla (o momento) de frenado hasta detenerse.
 - ¿Cuál debe ser el valor de la cupla para que el bloque se mueva a velocidad constante?



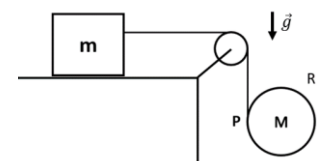
- 32) El disco macizo de la figura tiene una masa $M_1 = M$ y un radio $R_1 = R$ ($I_{CM} = 1/2 M_1 R_1^2$). Un cable arrollado a la garganta del disco está amarrado a la barra BC de sección uniforme, longitud $L = 3R$ y masa $M_2 = M/2$ ($I_{CM} = 1/12 M_2 L^2$) que rota respecto del perno C. Sobre el disco se aplica una cupla $\vec{\tau}$ que mantiene la barra horizontal y los cuerpos en reposo.
- Calcular el valor de la cupla $\vec{\tau}$ que mantiene el sistema en equilibrio.
 - En un cierto instante t_0 se elimina la cupla. Para t_0 , hallar la aceleración angular del disco, la aceleración del punto B, la relación de aceleraciones angulares entre el disco y la barra (γ_1/γ_2) y la aceleración del centro de masa de la barra.



- 33) Un yo-yo de masa M, radio exterior R e interior r, se encuentra en reposo en una mesa horizontal y está en libertad de rodar como se muestra en la figura. Se ejerce sobre el hilo del yo-yo una suave tracción hacia arriba con un ángulo θ de modo que el yo-yo rueda sin resbalar.
- Hallar una expresión para la aceleración del centro de masa en función de los datos. ¿Hacia dónde rodará?
 - ¿Qué ocurre si se tira con un ángulo θ , tal que $\cos(\theta) = r/R$?
 - ¿Qué sucede si el ángulo es mayor que θ ? ¿Y si es menor?

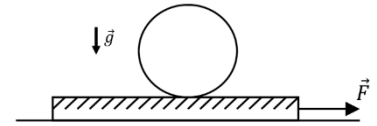


- 34) Una cuerda ideal es enrollada a un cilindro de masa M y radio R. El otro extremo de la cuerda se encuentra unido a un bloque de masa m. La polea fija es ideal y no hay rozamiento entre el bloque y el suelo. Cuando el sistema se deja en libertad, el cilindro se desenrolla de manera tal que no patina respecto a la sog.
- Respecto a un sistema fijo a tierra, indicar si el punto P donde la sog “tira” del cilindro es el centro instantáneo de rotación.
 - Hallar la ecuación que vincula la aceleración del bloque y la del centro de masa del cilindro.
 - Calcular la aceleración del bloque, la aceleración de centro de masa y la aceleración angular del cilindro.



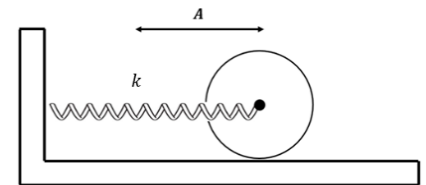
d) Si el bloque se desplaza una distancia d , indicar cuanto desciende el centro de masa del cilindro.

35) Un cilindro de masa M y radio R se encuentra apoyado encima de una tabla de masa m inicialmente ambos cuerpos en reposo. En el instante inicial se aplica una fuerza \vec{F} constante sobre la tabla como indica la figura. El rozamiento entre la tabla y el piso es despreciable y entre el cilindro y la tabla es tal que el cilindro rueda sin resbalar.



- Realizar los diagramas de cuerpo libre del cilindro y la tabla cuando la fuerza está aplicada.
- Desde un sistema de referencia fijo a tierra, indicar si el CIR del cilindro se encuentra en el punto de contacto entre el cilindro y el tablón. ¿Es la misma respuesta si el sistema se encuentra solidario al tablón?
- Calcular la aceleración angular del cilindro desde un sistema fijo al suelo.
- Analizar el sentido de la aceleración del centro de masa del cilindro desde un sistema fijo y desde uno solidario a la tabla.

36) El centro de masa (CM) de un disco de masa M y radio R se encuentra vinculado a una pared mediante un resorte ideal de constante elástica k como se muestra en la figura. Inicialmente el cuerpo se encuentra en la posición de equilibrio (resorte distendido). Se aparta al CM una distancia A respecto a la posición inicial y se lo suelta desde el reposo, de manera tal que el CM empieza a realizar un movimiento oscilatorio. Si el rozamiento entre el suelo y el disco es tal que el cuerpo rueda sin resbalar en todo momento.



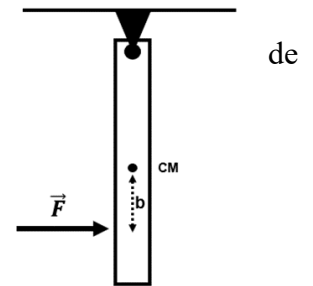
- Indicar si el movimiento oscilatorio que realiza el CM es armónico simple.
- Demostrar que el periodo de oscilación es $T = \pi\sqrt{6M/k}$
- Expresar en función de los datos la velocidad de centro de masa y velocidad angular cuando el disco pasa por la longitud natural del resorte.

37) Para el Yo-Yo del ejercicio 31 y considerando el caso que $\theta=0$, calcular por definición el trabajo de la fuerza F cuando el CM se desplaza una distancia d .

38) Una esfera de masa M y radio R se mueve con traslación pura ($\vec{\Omega} = \vec{0}$) por una superficie horizontal sin rozamiento. En $t = 0$ s, la esfera ingresa en una zona de rozamiento no nulo de coeficientes μ_d y μ_e . En dicha zona el cuerpo rueda deslizando hasta que finalmente comienza a rodar sin resbalar.

- Cuando el cuerpo rueda deslizando, ¿el CIR está ubicado en el punto de contacto con el suelo?
- Hallar la expresión del tiempo que tarda la esfera desde que ingresa a la zona de rozamiento hasta que comienza a rodar sin resbalar. Obtener la expresión de la respectiva distancia recorrida, sabiendo que la velocidad inicial del cm es V_{cm} .
- Graficar las funciones $V_{CM}(t)$ y $R \cdot \Omega(t)$ para $t \geq 0$ s, identificando claramente los instantes en los cuales el movimiento del cuerpo cambia su comportamiento.

39) Una barra delgada de masa M y radio L se encuentra suspendida por su extremo de un pivote fijo al techo. ¿A que distancia b por debajo del centro masa habría que aplicar una fuerza horizontal F de manera tal que la reacción horizontal del pivote sea nula? ¿Cómo se denomina a ese punto donde se aplicó la F tal que la reacción en el pivote es nula?



40) Una bola de pool descansa sobre un lago congelado ($\mu=0$).

- ¿A que distancia por encima del centro de masa debe aplicarse una fuerza horizontal F de módulo 10 N para que la bola salga rodando sin resbalar?
- ¿Depende el punto de aplicación de la masa y el radio de la bola? ¿Y del valor de F ?
- Si ahora se apoya la bola en una mesa de pool ($\mu \neq 0$) y se aplica la fuerza F a la distancia calculada en (a) ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento?
- ¿Con que nombre se lo conoce a este punto?

41) Para cada situación ilustrada, SIN resolver analíticamente, indicar si existe o no fuerza de rozamiento. En caso afirmativo, indicar de que tipo es (estática o dinámica) y cuál es su sentido. En todos los casos, salvo que se indique lo contrario, considerar rozamiento entre las superficies y que el cuerpo rueda sin resbalar (RSR). (CM: Centro de Masa; CP: Centro de percusión).

a)

b)

c)

d)

e)

f)

g)

a) Bajando
b) Subiendo

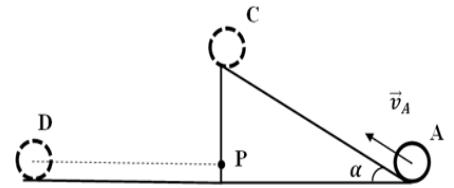
h)

a) Si $|\vec{v}_{cm}| > |\vec{\Omega}| R$
b) Si $|\vec{v}_{cm}| < |\vec{\Omega}| R$

i)

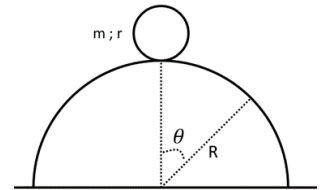
a) \vec{a}_{cm} con sentido hacia abajo
b) \vec{a}_{cm} con sentido hacia arriba

42) El centro de masa de un cilindro de radio $R=10$ cm y masa $M= 5,0$ kg tiene en la posición A una velocidad de módulo 20 m/s, dirección y sentido indicado en la figura. Sube por el plano inclinado rodando sin deslizar, y al llegar a la posición C sale despedido y vuela hasta la posición D. Despreciando el rozamiento con el aire y sabiendo que el cilindro recorre 4,0 m antes de separarse del plano inclinado de ángulo $\alpha = 37^\circ$. Se solicita



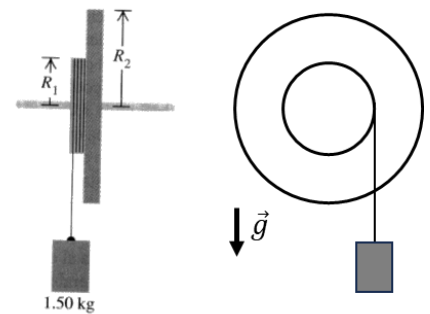
- Empleando consideraciones energéticas, encontrar la velocidad del centro de masa en el punto C y el valor máximo de la rapidez del centro de masa del cilindro durante el recorrido.
- Hallar el momento cinético del Rígido respecto de P justo antes de tocar el piso. El punto P se encuentra a una altura $h = R$ respecto al piso (ver figura).

43) Sobre un casquete cilíndrico de radio R fijo al suelo, se encuentra un cilindro homogéneo de masa m y radio r, Sabiendo que el cilindro parte del punto más alto prácticamente desde el reposo y rueda sin deslizar por el casquete, determinar:



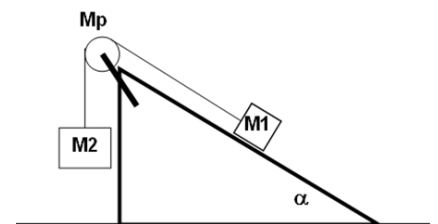
- El ángulo Θ respecto de la vertical donde el cilindro abandona la superficie.
- La velocidad angular en dicho instante.
- ¿El ángulo será el mismo si en vez de un cilindro se tratara de una esfera?, justificar.
- Para el caso que el ángulo con la vertical es $\Theta/2$, hallar la aceleración de CM del cilindro.

44) Dos discos metálicos de radios $R_1 = 3,00$ cm y $R_2 = 6,00$ cm y masas $M_1= 0,80$ kg y $M_2 = 1,60$ kg, se sueldan juntos y se montan en un eje sin rozamiento que pasa por su centro común tal como se muestra en la figura.



- ¿Qué momento de inercia total tienen los discos respecto del eje que pasa por sus centros tal como muestra la figura?
- Un hilo ligero se enrolla en el disco más pequeño y se cuelga de él un bloque de masa $m = 1,50$ kg. Si el bloque se suelta del reposo desde una altura $h = 2,00$ m sobre el piso ¿qué velocidad tiene justo antes de llegar al piso? Resolver por consideraciones energéticas demostrando previamente que la energía mecánica del sistema formado por los Discos y el bloque se mantiene constante.
- Repetir el ítem b) pero ahora con el hilo arrollado en el disco grande.
- ¿En qué caso, ítem b) o ítem c), alcanza mayor velocidad el bloque? Analizar su respuesta.

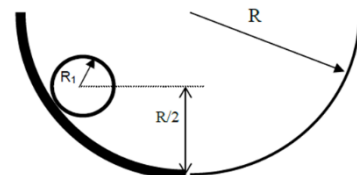
45) En el sistema de la figura, la polea se puede aproximar a un disco homogéneo de masa $M_p=400$ g y radio $R=20$ cm y se comporta como un cuerpo rígido que rota sin rozamiento respecto de su eje. Considerando que la cuerda es ideal y no patina sobre la polea, que M_2 vale 0,6 kg y que el bloque de masa $M_1=50$ g se mueve sobre el plano inclinado de ángulo $\alpha=30^\circ$ con rozamiento $\mu_d=0,2$:



- Hallar la aceleración de los dos bloques, la aceleración angular de la polea y las tensiones en la cuerda.

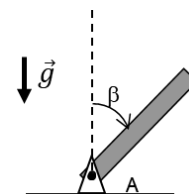
- b) Suponiendo que el sistema parte del reposo, empleando consideraciones energéticas, hallar la velocidad de los bloques cuando la polea da 2 giros completos.

46) Un cilindro homogéneo de radio $R_1 = R/4$ se mueve por el interior de una tubería de sección circular de radio R . La mitad izquierda de la tubería es lo suficientemente áspera para asegurar que el cilindro ruede sin deslizar, mientras que la otra mitad tiene coeficiente de rozamiento nulo. El cilindro parte del reposo en la mitad rugosa de la tubería, desde un punto en el cual su centro de masa se halla a una altura $h = R/2$ sobre el punto más bajo de la tubería.



- ¿Cuál es la velocidad angular del cilindro en la posición más baja?
- ¿Cuál será la altura máxima que alcanza el cilindro en la mitad lisa de la tubería?
- Comparar las alturas inicial y final. Justificar.
- Realizando los respectivos diagramas de velocidad, indicar la posición del CIR cuando el cuerpo se encuentra en el punto más bajo de la tubería, tanto en la ida como en la vuelta. ¿La posición es la misma?

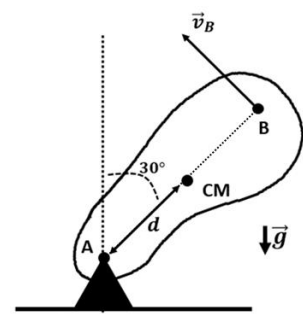
47) Una barra rígida homogénea de longitud $L = 50$ cm, masa $M = 10$ kg, y el $I_{CM} = ML^2/12$, puede girar libremente en un plano vertical alrededor de un pivote A fijo al piso. Inicialmente, se lleva la varilla a la posición vertical y luego se suelta. Calcular en el instante en que la barra forma un ángulo $\beta = 60^\circ$ con la vertical:



- Su aceleración angular (Analizar la conveniencia de tomar al pivote A como centro de momentos)
- La velocidad del centro de masa.
- El momento angular respecto al punto A.
- La fuerza que el pivote A le ejerce a la barra.

48) Se posee un cuerpo rígido irregular que puede pivotar sin rozamiento alrededor del punto A. El cuerpo tiene una masa $M=2$ kg, su centro de masa está a una distancia $d=10$ cm del punto A y tiene un radio de giro baricéntrico $k=20$ cm.

Para un instante determinado, se conoce que la rapidez de un punto B es $v_B = 2$ m/s. Este punto está localizado en la recta que une el punto A y el centro de masa como se muestra en la figura. Para este instante se pide:



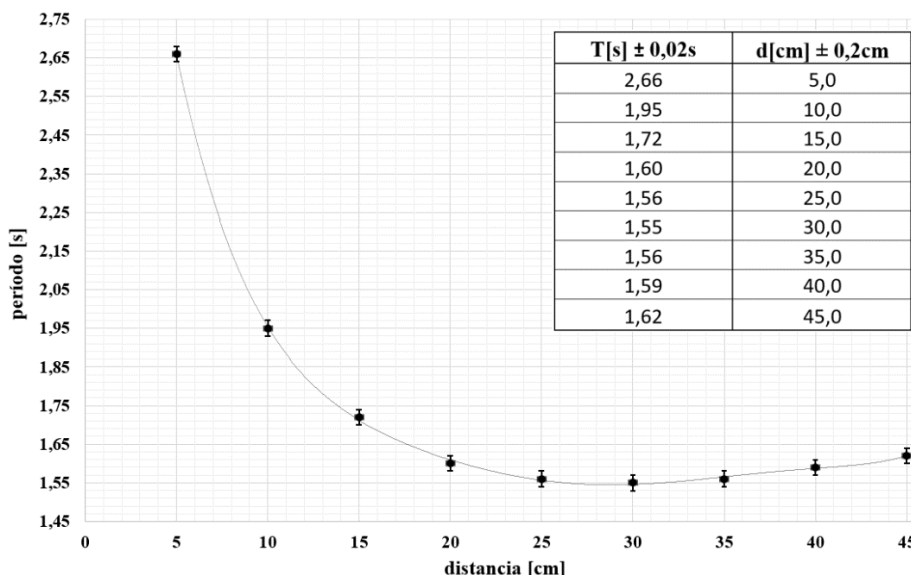
- Si el momento de inercia respecto a un eje perpendicular que pase por B es $I_B = 0,09$ m kg², determinar la velocidad angular
- Calcular la aceleración angular, aceleración de centro de masa y la reacción de vínculo en el punto A.
- Indicar si el CM del cuerpo rígido alcanza a pasar del lado izquierdo de la línea vertical punteada.

49) Para resolver el siguiente ejercicio es necesario haber leído la práctica de péndulo físico de la guía de trabajos prácticos de laboratorio de la materia.

Se desea determinar a través de mediciones realizadas en el laboratorio el momento de inercia de un cuerpo rígido de forma irregular con respecto a un eje que pasa por su centro de masa.

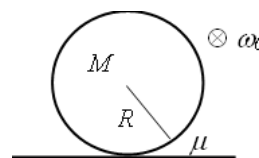
Se suministra la tabla de las mediciones realizadas con sus incertezas y el gráfico correspondiente al período de oscilación en función de la distancia entre el punto de suspensión y el baricentro del cuerpo rígido.

- La masa del cuerpo rígido se determinó en la balanza de laboratorio: $m=746,0 \text{ gr} \pm 0,5 \text{ gr}$
- Se midió el período de oscilación en función de la distancia entre el punto de suspensión y el baricentro.



- Expresar el resultado del momento de inercia con una cifra significativa correspondiente a su incerteza.
- ¿Qué longitud debería tener el hilo de un péndulo ideal para que ambos resulten isócronos con un período igual al mínimo medido en el laboratorio?

50) Un cilindro homogéneo de radio R y masa M , tiene inicialmente en $t=0s$ una velocidad angular constante Ω_0 y el módulo de la velocidad de su centro de masa es 0 [m/s] . Cuando se lo apoya sobre una superficie horizontal con rozamiento, al principio comienza a rodar deslizando y luego rueda sin deslizar.

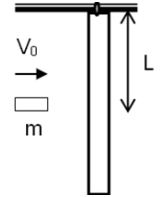
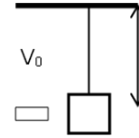


- Analizar en forma cualitativa el movimiento en la zona en la cual avanza deslizando y en la zona que ya rueda sin deslizar. Justificar en cada tramo si la aceleración de CM es o no constante, y si la Fuerza de rozamiento hace o no trabajo.
- Analizar la conservación del momento cinético (L) desde un punto fijo al piso. Obtener las expresiones del momento cinético para el instante inicial y para el instante en que el centro de masa alcanza una velocidad constante.
- Calcular la velocidad angular que posee el cilindro cuando rueda sin deslizar.
- Justificar si se conserva la cantidad de movimiento lineal en su recorrido hasta alcanzar la velocidad máxima del CM.

51) Sobre un péndulo ideal y sobre una barra fina maciza impactan dos proyectiles idénticos (igual masa y velocidad). Ambos péndulos tienen el mismo valor de masa. Los proyectiles impactan en la partícula y

en el centro de masa de la barra respectivamente y quedan incrustados. El momento de inercia de la barra es $I_{CM} = ML^2/12$

- Analizar si se conserva el vector cantidad de movimiento durante la colisión
- Analizar si se conserva el vector momento cinético respecto del punto de suspensión durante la colisión
- Analizar si se conserva la energía cinética durante la colisión
- Si la longitud del hilo del péndulo ideal es igual a la mitad de la longitud de la barra. Después del choque, ¿llegará más alto la partícula del péndulo ideal o el centro de masa de la barra?



UNIDAD 4: Hidrodinámica

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD – TEOREMA DE BERNOULLI

(Modelo: Fluidos incompresibles, no viscosos y no turbulentos)

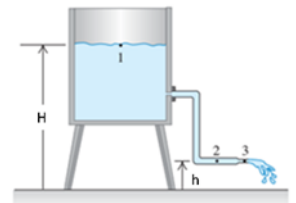
- 1) Se tiene en una habitación que está a presión atmosférica normal, un recipiente en forma de cubo de 1,0 m de lado, a presión, de tal manera que en cada cara la fuerza resultante es de 35000 N de adentro hacia afuera del recipiente. Indicar el valor de la presión absoluta y de la presión relativa en unidades de bar, en Pa, en mca (metros de columna de agua) y en kgf/cm^2
 $1 \text{ atm} = 10,33 \text{ mca} = 101,3 \text{ kPa} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2 = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \cdot 10^6 \text{ dy/cm}^2$
- 2) Un día en que se pronosticaba una tormenta se midió la presión atmosférica con el siguiente resultado: 100 300 Pa. Indicar la presión en mmHg (milímetros de columna de mercurio) y el PSI (libras por pulgada cuadrada = Pound Square Inch)
Ayuda: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 14,7 \text{ PSI}$
- 3) Suponga que la puerta de un cuarto (82cm de ancho por 203 cm de alto) cierra herméticamente y que no hay fricción con el marco ni en las bisagras. ¿Podría abrir la puerta si la presión del aire en un lado fuera la presión atmosférica estándar y en el otro difiriera en un 1%? Explique su respuesta.
- 4) Por una cañería horizontal fluye un fluido a razón de $0,0750 \text{ m}^3/\text{s}$.
 - a) ¿Cuál es la rapidez de fluido si el diámetro es de 4,50 cm?
 - b) Si el tubo se ensancha de forma que el diámetro aumenta al triple del valor, ¿cuál será la rapidez del fluido?
- 5) Se desea pasar por un conducto un volumen total de 135 L de agua, en un lapso de 15s de forma continua y uniforme. ¿Cuál es el caudal? Medido en unidades SI (m^3/s), en unidades de L/min, en unidades cm^3/s
- 6) Por un tubo circular de sección transversal variable fluye agua (a temperatura ambiente, 25°C). Si cuando el flujo es estable circulando agua a un caudal másico de 1,20 kg/s
 - a) Calcular la rapidez que tiene el agua en un punto de la cañería donde el diámetro sea 0,150 m.
 - b) Si en otro punto de la cañería la rapidez del agua es de 3,80 m/s, ¿qué radio tiene el tubo en este punto?
- 7) El caudal medio de la sangre que circula en un tramo de poca longitud, de vaso sanguíneo sin ramificaciones es de un litro por minuto. (Se considera el fluido ideal)
 - a) ¿Cuál es la velocidad media de la sangre en un tramo de dicho vaso si el radio interior es 0,5 cm?
 - b) ¿Cuál es la velocidad si el radio es 0,25 cm?

- 8) Un líquido ideal de densidad $1,0 \text{ kg/l}$ se mueve con una velocidad de $3,0 \text{ cm/s}$ por un tubo horizontal de diámetro $1,5 \text{ cm}$. A partir de cierta sección se reduce el diámetro del tubo a $0,5 \text{ cm}$.
- Calcular la velocidad del líquido en la parte más angosta.
 - Calcular el caudal volumétrico y el caudal másico que se mueve por este tubo.
- Informar los resultados en unidades SI.



- 9) De manera experimental se encuentra que por un tubo cuyo diámetro interno es de $7,0 \text{ mm}$ salen, cuando se alcanza el régimen permanente, exactamente 250 mL de fluido en un tiempo de 41 s . Calcular la rapidez promedio del fluido en el tubo.
- 10) A través de un tubo horizontal de sección transversal variable se establece un flujo de agua estacionario. Se conoce que un lugar de la cañería la presión es de 130 kPa y la velocidad es de $0,60 \text{ m/s}$. Determinar la presión en otro punto del mismo tubo donde la rapidez es de $9,0 \text{ m/s}$.
- 11) Un tubo de diámetro interno variable transporta agua. En el punto 1 el diámetro es de 20 cm y la presión de 130 kPa . En el punto 2, que está $4,0 \text{ m}$ más arriba que el punto 1, el diámetro es de 30 cm . Si el flujo es de $0,080 \text{ m}^3/\text{s}$, ¿cuál es la presión en el segundo punto?
- 12) Un gran tanque de almacenamiento, abierto en la parte superior y lleno con agua, en su costado en un punto a $12,5 \text{ m}$ abajo del nivel de agua se elabora un orificio pequeño. Por el orificio se produce una fuga de agua de $1,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$. Determinar la rapidez a la que el agua sale del orificio y el diámetro de este.
- 13) Un tanque muy grande y abierto en su parte superior, tiene una abertura de $3,0 \text{ cm}$ de diámetro que se encuentra a $5,0 \text{ m}$ por debajo del nivel del agua contenida en el tanque.
- Seleccione la línea de corriente y calcule la constante de Bernoulli. Con este valor encuentre la rapidez con que sale el agua por la abertura.
 - ¿Qué volumen de líquido saldrá por minuto a través de dicha abertura?
- 14) Un recipiente cilíndrico, abierto por arriba, tiene $25,0 \text{ cm}$ de altura, $10,0 \text{ cm}$ de diámetro y está lleno de agua al 20% de su capacidad máxima. Si se perfora un agujero circular con área de $1,50 \text{ cm}^2$ en el centro del fondo del recipiente,
- ¿cuál es la velocidad inicial con que sale el agua?
 - Si cuando se vacía el recipiente cilíndrico perforado del caso anterior, se vierte agua en su interior mediante un tubo situado arriba, a razón de $2,40 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. ¿Hasta qué altura subirá el agua en la cubeta si se espera el suficiente tiempo?
- 15) Un tanque abierto que contiene agua tiene un agujero en uno de sus costados que se conecta a un tubo, como se muestra en la figura. La altura del punto 1 es de $H=10,0 \text{ m}$ y la de los puntos 2 y 3 es de $h=2,00 \text{ m}$. El diámetro de la cañería en el punto 2 es de $25,0 \text{ cm}$ y en el punto 3 es de $14,0 \text{ cm}$. Suponiendo que el área del tanque es muy grande en comparación con las áreas transversales del

tubo y usando que la densidad del agua es $1,00 \text{ g/cm}^3$ y $g=10 \text{ m/s}^2$. Calcular el caudal másico de agua que sale por el tubo y la presión en el punto 2



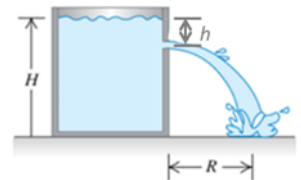
16) Un caño horizontal de sección circular cambia de radio de $r_1=1,25 \text{ cm}$ a $r_2=2,50 \text{ cm}$ en el sentido de circulación. El caño transporta un fluido de densidad $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ que puede considerarse incompresible y libre de viscosidad y



que fluye con un caudal de $3,0 \text{ kg/s}$.

- Calcular la diferencia de presión en el caño debido al cambio de sección
- Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas ó falsas:
 - La presión aumenta en el sentido del flujo
 - La diferencia de presión entre los puntos 1 y 2 cambia de signo si se invierte el sentido de circulación
- Si los datos del problema tienen una incerteza del 10%, calcular la rapidez del fluido en la sección más angosta con su incerteza.

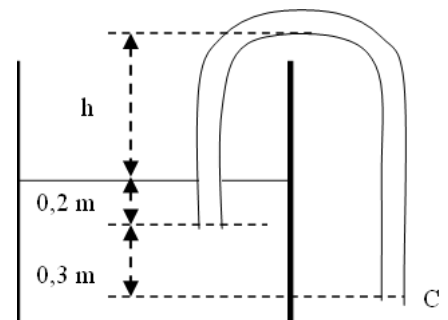
17) En el suelo horizontal se coloca un tanque con su parte superior abierta a la atmósfera y paredes verticales. El tanque está lleno de agua hasta una altura $H=2,0\text{m}$. Se perfora un agujero en una pared lateral a una distancia $h=50\text{cm}$ bajo la superficie del agua como se muestra en la figura. Sabiendo que la densidad del agua es 1g/cm^3 y tomando $g=10\text{m/s}^2$, calcular la rapidez con que sale el agua del agujero y la distancia R , medida desde la pared del tanque, donde tocará el piso el chorro que sale.



18) Se llena una manguera de pequeño diámetro: 1 cm (constante) con nafta y se cierra por sus dos extremos. Se introduce un extremo en un depósito de nafta de gran diámetro, venteado a la atmósfera. Las posiciones de los extremos de la manguera y de la superficie libre en el depósito se indican en la figura. Se abren ambos extremos. La densidad de la nafta es 680 kg/m^3 .

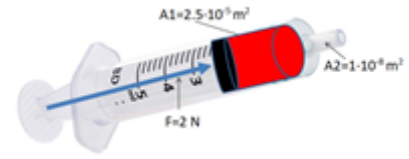
Hallar indicando la estrategia de cálculo:

- La velocidad de la nafta justo al salir del punto C y la velocidad en el extremo más alto de la manguera.
- El caudal volumétrico y másico.
- La altura "h" máxima teórica que puede tener la curva de la manguera. (este sistema de vaciar un tanque de nafta es conocido con el nombre de sifón)
(Presión atmosférica normal 1013 hPa)

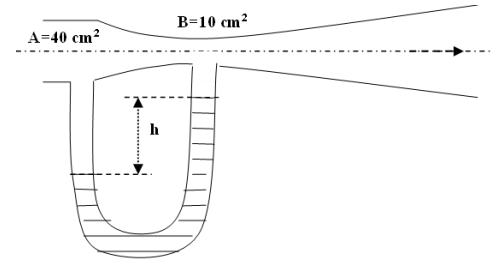


19) Una manguera de bomberos debe ser capaz de lanzar agua hacia arriba con una rapidez mínima de $19,0 \text{ m/s}$ para que pueda alcanzar la parte superior de un edificio. Si el agua entra a esta manguera con un caudal constante de $0,500 \text{ m}^3/\text{s}$ y sale por una boquilla redonda. ¿Cuál es el diámetro máximo que puede tener la boquilla?

20) Una jeringa hipodérmica contiene una medicina con la misma densidad del agua (ver figura). El cilindro de la jeringa tiene un área de sección transversal $A_1 = 2,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$, y la aguja tiene una sección de $A_2 = 1,0 \times 10^{-8} \text{ m}^2$. En ausencia de fuerza en el émbolo, la presión en todos los puntos es 1 atm. Si ahora se aplica una fuerza F de magnitud 2 N sobre el émbolo, determinar la rapidez con la que la medicina sale por la punta de la aguja.

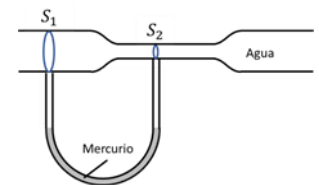


21) Un tubo Venturi se utiliza como reductor, instalado en forma horizontal, y para probar su capacidad de succión se hace una prueba con un manómetro de tubo en "U". Las áreas de la parte izquierda ancha y la parte de constricción se indican en la figura. Fluye agua pura con un caudal másico de 6 kg/s. Se solicita hallar, indicando la estrategia de cálculo:



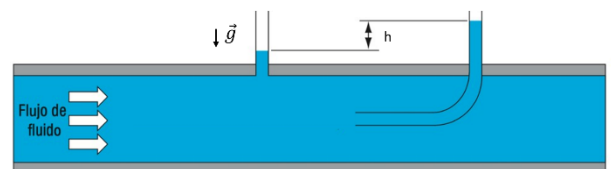
- La rapidez del flujo en la parte ancha y en la constricción.
- La diferencia de presión entre ambas secciones, indicando el resultado en [bar] y en [mca].
- La diferencia de altura de las ramas del tubo "U", si se utiliza mercurio como líquido manométrico (densidad relativa del mercurio 13,6).

22) El tubo horizontal de la figura tiene área transversal de $S_1 = 40,0 \text{ cm}^2$ en la parte más ancha y de $S_2 = 10,0 \text{ cm}^2$ en la constricción y está unido a un tubo en forma de U con (que se emplea para determinar la diferencia de presión) como se muestra en la figura. La figura representa cuando el tubo está lleno de agua en reposo (densidad $1,00 \text{ g/cm}^3$). Cuando se hace fluir agua por el tubo a razón de $Q = 6,00 \text{ L/s}$, calcular la rapidez de flujo en las secciones S_1 y S_2 y la diferencia de presión $\Delta P = P_2 - P_1$ entre estas porciones. Expresar los resultados en el sistema internacional



23) Para medir la velocidad de la corriente de un río se introduce en el un tubo de Pitot, la altura la que llega el agua dentro del tubo es de 0,2 m. Realizar un esquema del experimento y determinar la velocidad de la corriente.

24) Por una tubería horizontal de 20 cm de diámetro circula agua, para la cual se ha utilizado un tubo de Pitot como se muestra en la figura, donde la diferencia de alturas es $h = 5 \text{ cm}$. Calcule la velocidad del agua.



25) Un líquido que fluye de un tubo vertical produce un chorro de sección circular y de forma bien definida. Para obtener la ecuación del contorno de esta forma, suponga que el líquido está en caída libre una vez que sale del tubo. En la boca del tubo, el líquido tiene rapidez " V_0 ", y el radio del chorro es " r_0 ".

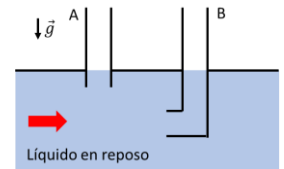
- Obtener una ecuación para la rapidez del líquido en función de la distancia " y " que ha caído. Combinando este resultado con la ecuación de continuidad, obtener una



expresión para el radio del chorro en función de “y” (suponer que no se llega a tener energía suficiente como para formar gota debido a razones de tensión superficial).

- b) Si fluye agua a $V_0 = 1,2$ m/s. ¿A qué distancia “y”, el radio del chorro se habrá reducido a la mitad del radio original de salida?
(la imagen cumple una función meramente ilustrativa)

26) Un tubo horizontal está lleno de agua a temperatura ambiente (densidad 997 kg/m^3) y tiene conectados dos tubos A y B, abiertos a la atmósfera y del mismo diámetro, como se indica en la figura. El esquema corresponde cuando el agua está en reposo.



- a) Explicar conceptualmente lo que ocurre con los niveles de agua en los tubos A y B cuando se hace circular el agua en la dirección indicada por la flecha.
b) Si se observa una diferencia de alturas de $10,0 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$, calcular la velocidad del agua dentro de la tubería con su incerteza porcentual. Considerar $g = 9,8 \text{ m/s}^2 \pm 0,1 \text{ m/s}^2$.

27) Una cañería horizontal transporta continuamente un líquido de densidad $0,80 \text{ g/cm}^3$ y viscosidad insignificante. La cañería tiene un diámetro de 50 mm y el líquido se mueve a 10 cm/s . Luego la cañería se desdobra en dos más pequeñas, cada una de 25 mm de diámetro (manteniéndose ambas cañerías en el plano horizontal).

- a) Calcular el caudal de la cañería más ancha
b) Calcular la diferencia de presión del líquido (en unidades de SI) entre un punto de la cañería más ancha y otro punto de uno de los caños más angostos.

UNIDAD 5: Ondas Mecánicas

PROPAGACIÓN DE ONDAS - ACÚSTICA – DOPPLER - SUPERPOSICIÓN

Nomenclatura sugerida

- Notación para la función de onda que representa la deformación del medio: $\xi(x, t)$
- Densidad de Energía o Energía media sobre volumen = $\langle E \rangle / \text{Vol} = 0,5 * \xi_0^2 * \omega^2 * \rho$ [J/m³]
- Energía media por unidad de área y de tiempo = Potencia media sobre área = Intensidad = $0,5 * \xi_0^2 * \omega^2 * \rho * v$ [W/m²]
- Intensidad en función de la presión (Gases); Intensidad = $(\Delta P)^2 / (2 * v * \rho)$ [W/m²]

Nomenclatura para las frecuencias de resonancia:

1ra frecuencia de resonancia = Fundamental

2da frecuencia de resonancia = 1er Armónico

...

- 1) Al mover un bote en un lago tranquilo se producen en éste ondas superficiales. El bote efectúa 12 oscilaciones en 20 segundos y cada oscilación produce una cresta de 15 cm. Se observa que, para que una cresta llegue a la orilla situada a 12 m del bote se necesitan 6 s.
 - a) Calcular la longitud de onda de las ondas superficiales.
 - b) Escribir la ecuación de onda para las ondas superficiales, considerando que inicialmente ($t=0s$) el bote está en la cresta de la ola
- 2) Durante un partido de fútbol, los espectadores se levantan de sus asientos de manera coordinada y hacen una ola alrededor del estadio. Cuando la ola llega a un grupo de espectadores, estos se paran y luego vuelven a sentarse. En cualquier instante, el ancho L de la ola es la distancia desde la persona que está a punto de pararse hasta la persona que acaba de sentarse. Si hacemos una analogía entre dicha ola y una onda² la misma recorre una distancia de 853 asientos alrededor del estadio en 39 segundos. Los espectadores tienen que permanecer 0,9 s parados y 0,9 s sentados para seguir el paso de la onda. Responder:
 - a) ¿Cuál es la velocidad de la onda V (en unidades de asientos por segundo)?
 - b) ¿Cuál es el ancho L de la onda (en número de asientos)?
- 3) Verificar si las siguientes funciones $f(x, t)$ son soluciones de la ecuación de ondas que puedan representar algún fenómeno ondulatorio. Para éstas, calcular la velocidad de propagación de la onda. En las expresiones, x es la posición (en m) y t el tiempo (en s).
 - a) $f(x, t) = (x - 5t)^3 + (3x + 5t)^2$
 - b) $f(x, t) = 2 \cos(x - 2t)$
 - c) $f(x, t) = \frac{1}{(x-2t)^2+2}$
 - d) $f(x, t) = 2x + t$

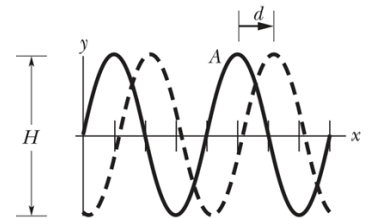
² En rigor, un grupo de personas que se levantan no es una onda mecánica ya que el grupo humano no es un medio que se comporte elásticamente.

- 4) En una cuerda tensa muy larga se introduce una onda transversal mediante un generador ubicado en el extremo. Se conoce que la velocidad de propagación de la onda en la cuerda es de 10 m/s. El generador mueve el extremo de la cuerda siguiendo la siguiente ecuación:

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t^2 - t^3 & 0 \leq t \leq 1 \\ 0 & > 1 \end{cases}$$

donde $[f] = \text{cm}$ y $[t] = \text{s}$. Colocando un sistema de coordenadas donde el origen está en la posición del generador cuando no deforma la cuerda.

- Representar gráficamente la coordenada y del extremo de la cuerda ($x = 0 \text{ m}$) en función del tiempo t entre los instantes $t = 0 \text{ s}$ y $t = 2 \text{ s}$
 - ¿Cuál es la expresión matemática de la coordenada y del punto de la cuerda ubicado en $x = 10 \text{ m}$ en función del tiempo? Graficarlo.
 - Elegir algún punto arbitrario en la cuerda (distinto del extremo) y determinar su velocidad transversal para todo instante de tiempo.
 - Si la masa de la cuerda por unidad de longitud es $\mu = 2 \text{ g/cm}$, ¿Cuál es la tensión de la cuerda?
- 5) Una onda sinusoidal que se mueve a lo largo de una cuerda se muestra en la figura para instantes de tiempo distintos, el trazo continuo es la perturbación en el instante $t = 0 \text{ s}$ y la línea punteada es en $t = 4 \text{ ms}$ (milisegundos). Durante ese intervalo de tiempo la cresta A se desplaza en la dirección positiva de un eje x una distancia $d = 6,0 \text{ cm}$. Las marcas a lo largo del eje x en la figura se encuentran separadas $10,0 \text{ cm}$ y la altura $H = 6,0 \text{ mm}$.

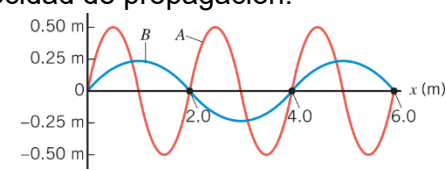


- Escribir una expresión de la posición de todos los puntos de la cuerda en función del tiempo, identificar y calcular numéricamente los parámetros característicos.
 - ¿Cuál es la mínima distancia que existe entre dos puntos cuya perturbación tiene una diferencia de fase de $\pi/3$?
- 6) La expresión de una cierta onda armónica en una cuerda, descrita desde un sistema de coordenadas adecuado, es

$$\varepsilon(x, t) = 10 \text{ sen} [2\pi (2000 x - 100 t)]$$

donde $[\varepsilon] = \text{mm}$, $[x] = \text{mm}$ y $[t] = \text{s}$

- Hallar la amplitud, la longitud de onda, la frecuencia y la velocidad de propagación de la onda.
 - Trazar un diagrama de la onda en el que se muestre la amplitud y la longitud de onda.
 - Reescribir la expresión $\varepsilon(x, t)$ de forma que:
 - En la expresión quede explícitamente la velocidad de la onda
 - En la expresión quede explícitamente la longitud de onda y el período
 - En la expresión quede explícitamente el número de onda y la pulsación.
- 7) En un sistema de referencia una onda verifica la siguiente expresión $\varepsilon_1(x, t) = 2 \text{ sen}[2\pi(0,5 x - 10 t)]$, donde $[\varepsilon_1] = \text{mm}$, $[x] = \text{m}$ y $[t] = \text{s}$
- Representar gráficamente ε_1 en función de x usando un intervalo de 3 longitudes de onda, para los instantes $t = 0 \text{ s}$ y $t = 0,025 \text{ s}$.
 - Repetir el problema para una onda $\varepsilon_2(x, t) = 2 \text{ sen}[2\pi(0,5 x + 10 t)]$ y comparar los gráficos obtenidos indicando las similitudes y diferencias.

- c) ¿Cuánto vale la velocidad de propagación? ¿En qué sentido se propaga cada una de las ondas?
- 8) Suponiendo que la onda ε_1 del problema 7) se corresponde a una onda transversal en una cuerda,
- Representar gráficamente la velocidad y la aceleración del elemento de cuerda ubicado en la posición $x = 2$ m entre los instantes $t = 0$ s y $t = 2$ periodos de la onda.
 - ¿Cuál es la rapidez máxima de un elemento de cuerda? ¿Cuál es el módulo de la aceleración máxima de un elemento de cuerda?
 - ¿Cómo cambian las magnitudes calculadas en b) si el generador que introduce la onda en la cuerda triplica la frecuencia?
- 9) En la figura se muestra una gráfica de la perturbación producida dos ondas (A y B) en un instante de tiempo dado. Ambas ondas viajan hacia la derecha con la misma velocidad de propagación.
- Usando los datos de la figura, determinar la longitud de onda en cada caso.
 - Si la velocidad de propagación de las ondas es 12 m/s, calcular la frecuencia en cada caso.
 - ¿Cuál es la velocidad máxima de una partícula para cada onda?
- 
- 10) El extremo de una cuerda muy larga y estirada se ve forzado a vibrar con un desplazamiento (perpendicular a la posición de la cuerda sin estirar) dado por la ecuación $y(t) = 0,05 \text{sen}(6t)$, donde $[y] = \text{m}$ y $[t] = \text{s}$. Si la tensión en la cuerda es de 4,0 N y su masa por unidad de longitud es de 0,0100 kg/m.
- Calcular la velocidad de propagación de las ondas en la cuerda, su frecuencia y la longitud de onda.
 - Si los valores de las magnitudes del problema tienen una incerteza del 5%, ¿cuál es la incerteza absoluta y porcentual de las magnitudes calculadas en a)?
 - Escribir la función que describe el desplazamiento de un punto de la cuerda que se encuentra a 1 m de la fuente y de otro a 3 m de la fuente.
- 11) Una onda sinusoidal transversal con amplitud $A = 5,2$ mm y longitud de onda $\lambda = 3,6$ m viaja de izquierda a derecha por un hilo estirado horizontal con velocidad $V = 24,0$ m/s.
- Calcular la frecuencia y el número de onda
 - Escribir la ecuación de la onda y proponer su solución sabiendo que en $t = 0$ s, el extremo izquierdo del hilo está en el origen de coordenadas y se mueve hacia abajo.
 - Escribir la ecuación de la posición en función del tiempo para un punto del hilo ubicado en $x = 0$ m y para el punto $x = 0,9$ m. Para esos puntos, calcular el desplazamiento transversal, velocidad y aceleración en $t = 0,05$ s
 - Calcular la rapidez transversal máxima de cualquier partícula del hilo
- 12) Considere una onda transversal que viaja en una cuerda, ¿la rapidez de la onda es la misma que la rapidez de un elemento de la cuerda? Indicar las principales diferencias entre ambas.

- 13) Si una soga larga cuelga del techo con el extremo inferior libre. ¿Por qué si movemos el extremo inferior para enviar ondas hacia arriba de la soga, observamos que la velocidad de la onda depende de la altura? ¿Cuándo es mayor, cuando la onda está cerca del extremo libre o cerca del extremo fijo?
- 14) Una cuerda está atada por un extremo a un punto fijo; la cuerda pasa por una polea que se encuentra a 5,0 m del extremo fijo y su otro extremo está unido a una carga de 2,0 kg. La masa del segmento de cuerda comprendido entre el extremo fijo y la polea es de 0,060 kg.
- Hacer un esquema del sistema. Si los datos tienen una incerteza que es de una unidad en la última cifra significativa, calcular la velocidad de propagación de las ondas transversales a lo largo de la cuerda con su incerteza.
 - Si una onda armónica progresiva de 10^{-3} m de amplitud y 0,3 m de longitud de onda se propaga por la cuerda, escribir la función de la onda en la cuerda.
 - Con las condiciones indicadas en b), hallar la velocidad transversal máxima de cualquier punto de la cuerda.
 - Determinar la potencia media del generador que produce la onda indicada en b).
- 15) Considere la función de onda progresiva del problema 8); demostrar que dicha función verifica la ecuación de onda. Sabiendo que la densidad lineal de masa de la cuerda es de 0,05 g/m, determinar una expresión de la energía de la onda que viaja por la cuerda.
- 16) Una soga tensa muy larga tiene una densidad de masa lineal de 50 g/m.
- ¿Qué tensión debe suministrarse a la soga para que la velocidad de propagación sea de 25 m/s?
 - Si se quieren establecer ondas sinusoidales de amplitud 0,15 m y una longitud de onda de 0,50 m, ¿cuál será la frecuencia y la potencia promedio se debe suministrar un generador?
- 17) ¿Por qué un sólido puede transportar tanto ondas longitudinales como ondas transversales mientras que un fluido homogéneo sólo transporta ondas longitudinales?
- 18) Considere barras hechas con los materiales indicados en la tabla siguiente, con valores de la densidad y de los módulos elásticos (módulo de Young y de rigidez).

Material	Densidad (kg/m ³)	Módulo de Rigidez ($\times 10^{11}$ N/m ²)	Módulo de Young ($\times 10^{11}$ N/m ²)
	ρ	G	E o Y
Aluminio	2700	0,263	0,700
Acero	7860	0,850	2,100
Hierro	7874	0,730	1,900
Cobre	8960	0,425	1,100
Plomo	11340	0,054	0,180

- ¿En cuál de estos materiales la velocidad de una onda longitudinal es mayor?, ¿y la menor?, indicar el valor en cada caso

- b) ¿En cuál de estos materiales la velocidad de una onda transversal es mayor? ¿y menor? Indicar el valor de la velocidad en cada caso
- c) Con un generador se produce una perturbación longitudinal y otra transversal en una barra de aluminio y se usa un detector ubicado a 10,0 m del emisor para detectar la llegada de ambos pulsos. ¿Cuál es la diferencia de tiempos entre ambos pulsos para cada material?
- 19) Una onda armónica longitudinal con frecuencia 400 Hz, viaja por una varilla muy larga de aluminio cilíndrica y homogénea. Si la potencia media por unidad de área de la onda es de $5,50 \mu\text{W}/\text{m}^2$.
- a) Sabiendo que la varilla es de aluminio y que es una onda longitudinal, calcular la velocidad de la onda.
- b) Con los datos del enunciado, calcular la longitud de la onda y la amplitud de la onda
- c) Determinar la velocidad longitudinal máxima de una partícula de la varilla
- 20) Una varilla muy larga y delgada de acero está forzada a transmitir ondas armónicas longitudinales mediante un generador acoplado a uno de sus extremos. La varilla tiene un diámetro de $4,0 \cdot 10^{-3}$ m. El generador produce oscilaciones de 10^{-4} m de amplitud y su frecuencia es de 10 Hz.
- a) Sabiendo que la varilla es de acero y que es una onda longitudinal, calcular la velocidad de la onda.
- b) Escribir la ecuación de las ondas en la varilla y proponer una solución para la onda en la varilla.
- c) Calcular la energía media por unidad de volumen de la onda.
- d) Determinar la potencia necesaria para operar el oscilador.
- e) Calcular la intensidad de la onda en la varilla.
- 21) El sonido más débil que se puede percibir tiene una amplitud de presión igual a $2 \cdot 10^{-5}$ Pa y el más fuerte sin que cause dolor tiene una amplitud de presión de 20 Pa aproximadamente.
- a) Para cada caso, calcular la intensidad del sonido en W/m^2 y en dB (usando como referencia el umbral de audición $10^{-12} \text{W}/\text{m}^2$)
- b) Si la frecuencia del generador que produce el sonido es de 500 Hz, asumiendo que la densidad del aire es de $1,29 \text{kg}/\text{m}^3$ y la velocidad del sonido de 345 m/s, calcular la amplitud de desplazamiento de las moléculas de aire para cada caso
- 22) Una persona se encuentra a una cierta distancia d de un motor ruidoso que emite sonido uniformemente en todas las direcciones en un espacio abierto. La intensidad del sonido en la ubicación de la persona es de $3,20 \cdot 10^{-3} \text{W}/\text{m}^2$. Si ahora la persona se aleja a una posición que duplica la distancia inicial y despreciando las reflexiones del sonido, determinar:
- a) ¿Cuál es la intensidad del sonido en esta nueva posición?
- b) ¿Cuál es el nivel de intensidad del sonido en relación con el umbral de audición?
- 23) Una persona se encuentra en un espacio abierto y en su posición escucha el sonido emitido por una fuente cuya intensidad es I_0 y la amplitud de la onda de presión es ΔP_0 .
- a) ¿Cómo varía la intensidad de una onda sonora cuando la amplitud de presión se duplica?
- b) ¿Cómo debe variar la amplitud de presión para aumentar la intensidad en un factor de 10?
- c) ¿Cómo varía la intensidad y la presión sonora si se aumenta el nivel sonoro en 3 dB? ¿y si aumenta en 6dB?
- d) ¿Cómo varía la intensidad y la presión sonora si se disminuye el nivel sonoro en 3 dB? ¿y si disminuye en 6dB?

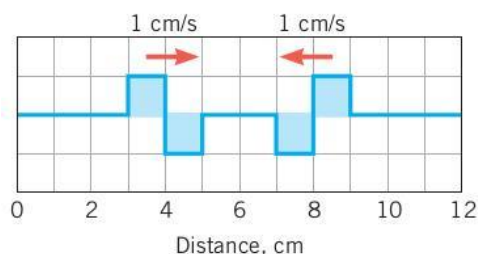
- 24) En un galpón rectangular se colocan 4 sirenas idénticas, ubicadas en los vértices del techo. Cuando se hace la prueba de funcionamiento se determina que, en el centro del galpón, el nivel de intensidad del sonido producido por cada sirena es de 60 dB.
- Sabiendo que la intensidad mínima que percibe una persona es de $10\text{-}12\text{ W/m}^2$, calcular la intensidad sonora en el centro del galpón cuando se hace funcionar solo una de las sirenas. Expresar el resultado en W/m^2 .
 - ¿Cuál es el nivel de intensidad cuando se pongan en funcionamiento las 4 sirenas a la vez?
- 25) Un tren que viaja en una vía recta a 30 m/s hace sonar su silbato que emite sonido de frecuencia 500 Hz al pasar junto a una estación sin detenerse. Suponiendo que el aire está prácticamente en reposo y que la velocidad de sonido es de 344 m/s :
- Graficar los frentes de onda del sonido emitido por el silbato durante 5 ciclos.
 - Calcular la longitud de onda para las ondas sonoras:
 - delante de la locomotora
 - detrás de la locomotora
 - Calcular la frecuencia del sonido que escucha una persona parada en el andén, cuando la locomotora:
 - se acerca a él
 - se aleja de él.
- 26) Una fuente de sonido tiene una frecuencia de 103 Hz y se desplaza a 30 m/s con respecto al aire. Suponiendo que la velocidad del sonido con respecto al aire en reposo es de 340 m/s .
- Graficar los frentes de onda del sonido emitido durante 5 ciclos. Calcular la distancia entre dos frentes de onda consecutivos que percibe un observador en reposo (con respecto al aire) ubicado en la trayectoria de la fuente cuando la fuente se aproxima al observador y cuando la fuente se aleja del observador. En ambas situaciones determinar la velocidad de los frentes de onda que percibe el observador.
 - Calcular la longitud de onda y la frecuencia efectivas registradas por el observador de a) cuando la fuente se aleja de él y cuando se acerca a él.
- 27) Suponer ahora que la fuente del problema 25) está en reposo con respecto al aire y el observador se mueve a 30 m/s .
- Graficar los frentes de onda del sonido emitido durante 5 ciclos. Calcular la distancia entre dos frentes de onda consecutivos que percibe el observador en movimiento, considerando que la fuente se encuentra en reposo ubicada en un punto de su trayectoria, cuando el observador se acerca y cuando se aleja de la fuente. En ambas situaciones determinar la velocidad de los frentes de onda que percibe el observador.
 - Calcular la longitud de onda y la frecuencia efectivas registradas por el observador de a) cuando éste se acerca a la fuente y cuando se aleja.
- 28) Con base en los resultados de los problemas 25) y 26), ¿se puede concluir que carece de importancia cuál de los dos, la fuente o el observador, esté en movimiento?

- 29) En una mañana helada (con temperatura de 0°C) un tren viaja a 35 m/s sin viento hace sonar el silbato. Si la frecuencia de la nota emitida por el silbato de la locomotora es de 300 Hz . ¿Qué frecuencia percibe un pasajero de otro tren que se mueve en la misma dirección y sentido contrario a $15,5\text{ m/s}$ si:
- se acerca al primer tren
 - se aleja del primer tren

- 30) La fuente de sonido del sistema de sonar de un barco opera con una frecuencia de 25 kHz . Si la velocidad del sonido en el agua es de 1480 m/s y considerando que el barco está en reposo con respecto al agua,
- Calcular la longitud de onda de las ondas emitidas por la fuente
 - Calcular la diferencia en frecuencia entre las ondas emitidas directamente y las reflejadas en una ballena que viaja directamente hacia el barco a $5,85\text{ m/s}$.

- 31) Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F), justificando adecuadamente su elección
- La expresión de una onda propagante que se mueve con sentido negativo es $y(x,t)=A\text{sen}(kx-wt)$
 - Las ondas sonoras son transversales.
 - La onda sonora solo puede pensarse considerando las variaciones de presión en los distintos puntos por encima y por debajo de la presión atmosférica.
 - Si pudiéramos disminuir la densidad en un medio sin cambiar ningún otro parámetro, la velocidad de la onda que ahí se propaga también disminuiría.
 - La magnitud conocida como nivel de intensidad de sonido se mide en W/m^2 y abarca un rango que va, según puede encontrarse en tablas, desde el umbral de mínima audición de 10^{-12} al sonido de un avión militar a 30 m , que es de 10^2 .
 - El Efecto Doppler es el cambio de frecuencia que percibe un observador respecto del que emite la fuente.
 - El Efecto Doppler, se percibe de igual manera tanto si se mueve la fuente a velocidad V y el observador está en reposo o, de manera inversa, si se mueve el observador a velocidad V y la fuente está en reposo.

- 32) El dibujo de la figura representa una cuerda en el instante $t = 0\text{ s}$, en la que dos pulsos viajan con la misma rapidez de $V = 1\text{ cm/s}$ y en sentidos contrarios. Usando el principio de superposición lineal, conociendo la velocidad de propagación y sabiendo que los pulsos no pierden su forma cuadrada, grafique la forma de la cuerda en $t = 1\text{ s}$, 2 s , 3 s y 4 s . **Ayuda:** Puede graficar primero dónde estarían cada uno de los pulsos rectangulares en los distintos instantes de tiempo por separado y luego superponer las contribuciones de los mismos.



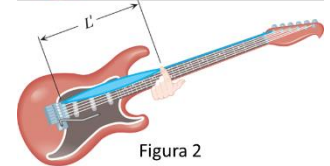
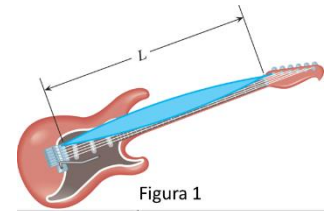
- 33) Un diapasón de 256 Hz produce cuatro batidos por segundo cuando se hace sonar junto con otro diapasón de frecuencia desconocida. Indique los dos valores posibles de la frecuencia desconocida. Escribir una posible función de onda para cada onda progresiva (asumiendo que tienen la misma amplitud) y otra para la suma de ambas en un punto del espacio. Haga un gráfico de la amplitud de la superposición en función del tiempo durante un intervalo de 2 s .

- 34) Algunas de las teclas bajas del piano, tienen dos cuerdas idénticas de igual densidad lineal. En una de estas teclas, una de las cuerdas está ajustada correctamente para producir 100 Hz. Al golpear, y hacer sonar las dos cuerdas al mismo tiempo, se oye un batido por segundo. ¿En qué porcentaje es necesario variar la tensión de la cuerda desafinada para que recupere su tono normal? Considerar la misma longitud de onda para ambas cuerdas.
- 35) Una trompetista está afinando su instrumento tocando una nota La simultáneamente con el primer trompeta, que tiene un tono perfecto. La nota del primer trompeta es de 440 Hz y se oyen 2,6 pulsaciones por segundo. Calcular las posibles frecuencias de la trompetista.
- 36) Dos ondas transversales viajan en una cuerda y al superponerse forman una onda estacionaria que verifica la ecuación $\varepsilon_1 = 3 \cos(5x) \cos(10t)$, donde $[\varepsilon] = \text{mm}$, $[x] = \text{m}$ y $[t] = \text{s}$
- Hallar la amplitud, la longitud de onda, la frecuencia y la velocidad de propagación de cada una de las ondas viajeras.
 - Trazar un diagrama de cada onda progresiva en el que se muestre la amplitud y la longitud de onda (λ) para el mismo instante de tiempo entre $x = 0$ y hasta $x = 2\lambda$. Trace un diagrama con la onda estacionaria para el mismo instante de tiempo y el mismo intervalo.
 - Escribir las ecuaciones de las ondas progresivas que les dieron origen.
 - Hallar las posiciones de al menos los 5 nodos más próximos al origen de coordenadas.
 - Calcular la distancia entre un nodo y el antinodo (o vientre) más próximo.
- 37) Repetir el problema 35) si la onda estacionaria verifica la ecuación $\varepsilon_2 = 3 \sin(5x) \sin(10t)$
- 38) Una cuerda estirada de 0,05 kg vibra con una frecuencia de 25 Hz en su modo fundamental cuando los soportes a los que está atada la cuerda están separados 0,8 m. Calcular:
- la velocidad para una onda transversal en la cuerda
 - la tensión en la cuerda
- 39) Un tablón se coloca sobre un pozo de 5 m de ancho. Un estudiante de Física se para a la mitad del tablón y comienza a saltar verticalmente, de modo que salta hacia arriba 2 veces cada segundo. El tablón oscila con una amplitud que tiene un máximo en su centro y los dos extremos que descansan en el suelo a cada lado del pozo quedan fijos al suelo.
- ¿Qué velocidad tienen las ondas transversales en el tablón?
 - ¿Con qué ritmo deberá saltar el estudiante para producir oscilaciones de amplitud creciente si está parado a 1,25 m del borde del pozo?
- 40) Se sabe que en una cuerda tensa de longitud 3m, fija en sus extremos se establece una onda que está descrita por la siguiente expresión: $\varepsilon_1 = 0,1 \sin(0,5\pi x) * \cos(100\pi t + \pi/2)$ (con unidades correspondientes en [m] y [s]), indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F)
- La onda es estacionaria
 - La onda es propagante y se desplaza hacia la izquierda
 - La onda se propaga a una velocidad de 20m/s
 - El número de onda vale $\pi/2$

e) La onda tiene un máximo de amplitud en $x=0,5\text{m}$

41) La cuerda más pesada de una guitarra eléctrica tiene una densidad lineal de $5,28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ y se estira con una tensión de 226 N. Esta cuerda produce la nota musical Mi (164,8 Hz) cuando vibra en toda su longitud (ver Figura 1).

- Calcular la longitud L de la cuerda entre sus dos extremos fijos.
- Un guitarrista quiere que la cuerda vibre a una frecuencia fundamental del doble de la anterior (329,6 Hz), como debe ser si la nota musical Mi debe sonar una octava más alta en tono. Para lograr esto, presiona la cuerda contra el traste adecuado antes de puntear la cuerda (ver Figura 2). Encuentre la distancia L' entre el traste y el puente de la guitarra.



42) Un grupo de alumnos de Física observó que las ondas estacionarias para una cuerda tensa, fija entre dos extremos separados una distancia $L = (2,760 \pm 0,003)\text{m}$ fija, se generaban para ciertas frecuencias y las registró en la siguiente tabla.

Frecuencia (Hz)	Incerteza (Hz)
3,5	0,5
7,0	0,5
10,6	0,5
14,5	0,5
18,3	0,5

- Realizar un gráfico esquemático de los distintos modos de oscilación.
- ¿Cómo se relaciona la longitud de onda y la longitud de la cuerda para cada modo de oscilación? ¿Cómo queda la expresión para un modo "n genérico"?
- ¿Cuál es la expresión que vincula la velocidad de propagación de la onda con la frecuencia y la longitud de onda?
- ¿Cuánto vale la velocidad de propagación obtenida en base a los datos experimentales?
- Verificar si los resultados obtenidos son comparables y representar gráficamente las bandas de incerteza evidenciando si hay solapamiento entre ellas.

43) Un tubo de 0,6 m de longitud está abierto en ambos extremos.

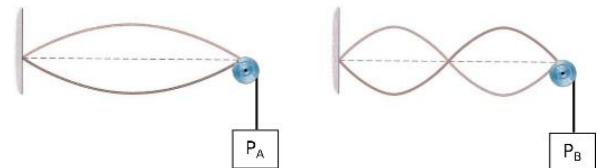
- Hallar su frecuencia fundamental y el primer armónico, si la temperatura del aire es de 27°C .
- Representar gráficamente la distribución de amplitudes a lo largo del tubo correspondiente a la frecuencia fundamental y al primer armónico.
- Escribir las correspondientes ecuaciones para las ondas que se forman en el tubo en ambos casos, indicar la ecuación de dos ondas progresivas posibles que hayan generado dichos armónicos

44) Repetir el problema 42 para un tubo de la misma longitud con un extremo cerrado y el otro abierto.
¿Cuál de las frecuencias de los modos fundamentales es menor?

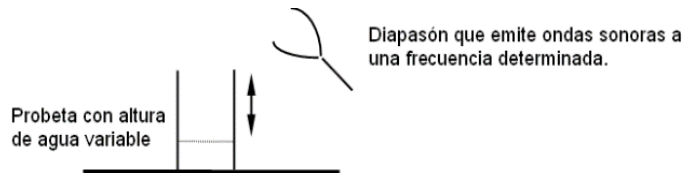
- 45) Un tubo de órgano tiene siempre un extremo abierto que es por donde ingresa el aire que excita al tubo. Se sabe que un determinado tubo, tiene dos armónicos sucesivos con frecuencias de 400 y 560 Hz. Considere que la velocidad del sonido en el aire a temperatura ambiente y a nivel del mar vale 1238 km/h.
- ¿El otro extremo del tubo, está abierto o cerrado?
 - Las frecuencias que se dan como datos, ¿a qué armónicos corresponden?
 - ¿Qué longitud tiene el tubo?

- 46) Considerar el caso de un par de tubos de órgano, en el tubo A el primer armónico (cuya frecuencia es tres veces la fundamental) coincide con la frecuencia del primer armónico (cuya frecuencia es dos veces la fundamental) del tubo B. ¿Qué características tienen cada tubo?, ¿cuál es la relación entre las longitudes de los tubos?

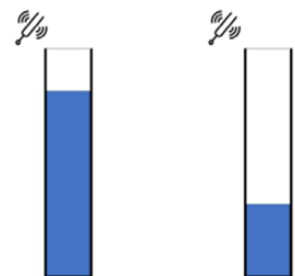
- 47) El dibujo de la figura muestra dos cuerdas que tienen la misma longitud y densidad lineal. El extremo izquierdo de cada cuerda está sujeto a una pared, mientras que el extremo derecho pasa sobre una polea y está conectado a objetos de diferentes pesos (P_A y P_B). En cada cuerda se establecen diferentes ondas estacionarias, pero sus frecuencias son las mismas. Si $P_A = 44$ N, ¿cuánto es P_B ?



- 48) Un diapasón de frecuencia 256 Hz está cerca de la boca de una probeta como se muestra en la figura. El sonido producido por el diapasón es débil, pero si se vierte una determinada cantidad de agua en la probeta, se oye más fuerte. Cuando esto ocurre es porque se han sumado las vibraciones del diapasón con las de la columna de aire.
- Supóngase que la longitud de la columna de aire que ocasiona el sonido más fuerte es 0,31 m, ¿cuál será el valor de la velocidad del sonido en el aire, en una primera aproximación?
 - Para mayor precisión es necesario hacer una corrección, pues el nodo de presión se encuentra bastante más allá del extremo de la columna de aire. Si el valor de la velocidad del sonido en el aire es 340 m/s, ¿dónde está ubicado dicho nodo de presión?, ¿qué error porcentual cometen si no realizan esta corrección?

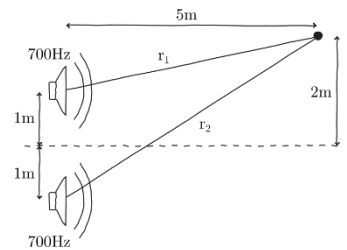


- 49) En una experiencia de laboratorio para medir la velocidad sonora de un determinado gas, se empleó un tubo lleno de agua como muestra la figura. En las cercanías de la boca del tubo, se hizo vibrar un diapasón de frecuencia $f = (6120+10)$ Hz y se fue quitando agua del tubo. Se observa que cuando la columna de gas tiene una longitud $L_1 = (1,1+0,2)$ cm se produce la primera resonancia (para longitudes menores no se aprecia ninguna resonancia) y la quinta resonancia se aprecia cuando la columna del gas tiene una longitud de $L_5 = (18,2+0,2)$ cm.

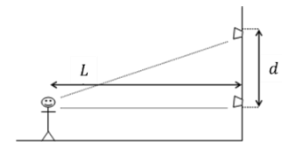


Calcular la velocidad del sonido en ese gas y expresarla con 2 cifras significativas en su incerteza.

- 50) Dos altavoces en un plano están separados 2,0 m y en fase entre sí. Ambos emiten ondas sonoras de 700 Hz en una habitación donde la velocidad del sonido es de 341 m/s. Un oyente se encuentra a 5,0 m delante de los altavoces y a 2,0 m a un lado del centro, como muestra la Figura. ¿La interferencia en este punto es totalmente constructiva, totalmente destructiva o algo intermedio? ¿En qué se diferenciará la situación si los altavoces están desfasados?



- 51) Dos altavoces se excitan mediante el mismo oscilador de frecuencia $f = 1000$ Hz, están localizados sobre un poste vertical a una distancia $d = 50$ cm uno del otro. Un hombre camina hacia uno de los altavoces en una dirección perpendicular al poste como indica la figura. Asumiendo que esto ocurre con el aire en reposo y a 20°C por lo que la velocidad del sonido es $V = 343$ m/s.



- Calcular la distancia L mínima donde se debe ubicar el hombre del poste para percibir un mínimo de intensidad. Si los datos tienen una incerteza del 2%, calcular la incerteza porcentual de la distancia mínima L .
 - Si la temperatura del aire aumenta, ¿cambiará el resultado calculado en a)? Justifique su respuesta. En caso de que cambie L indicar si aumenta o disminuye.
- 52) Dos fuentes de sonido sincronizadas envían ondas de igual intensidad a una frecuencia de 680 Hz. Las fuentes están separadas 0,75 m. La velocidad del sonido en aire es de 340 m/s.
- Hallar las posiciones de mínima intensidad en la línea que pasa por las fuentes
 - ¿Aparece un mínimo de intensidad en algún punto entre ambas fuentes?
- 53) Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F), justificando adecuadamente su elección:
- No hay diferencia entre una onda propagante y una onda estacionaria
 - Una onda estacionaria se establece cuando se superponen dos ondas de frecuencias parecidas
 - Los batidos se producen cuando se superponen dos ondas de la misma frecuencia que viajan en sentidos opuestos
 - El fenómeno de Interferencia entre ondas se debe a la diferencia de camino recorrida por ambas ondas en cada punto de detección
 - No hay diferencia conceptual entre el fenómeno de ondas estacionarias y el de interferencia.

EQUIPO DE TRABAJO DE LA GUIA DE PROBLEMAS DE LA
ASIGNATURA FÍSICA DE SISTEMAS DE PARTÍCULAS (FSP)

Los siguientes docentes participaron activamente en la elección, confección, revisión y corrección de los problemas de la presente guía:

Unidad 1:

Patricia Roux; Evangelina Indelicato; Graciela Reboredo; Eduardo Omar Acosta.

Unidad 2:

David Sergio Rossi; Jose Pablo Del Carmen Cebreiro; Eduardo Omar Acosta.

Unidad 3:

Gustavo Garcia Achilli; Diego Vilaseca; Eduardo Omar Acosta.

Unidad 4:

Adrián Ferrini; Eduardo Omar Acosta.

Unidad 5:

Micaela Toscani; Celeste Duplaá; Laura Chiabrando; Eduardo Omar Acosta.