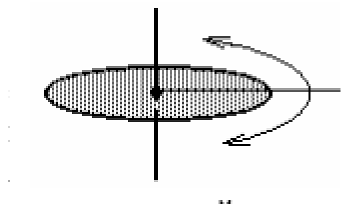
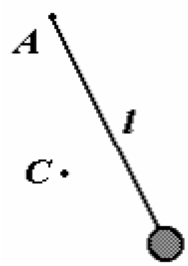
Olimpiada de Física, Belarús, 2002

Grado 10.

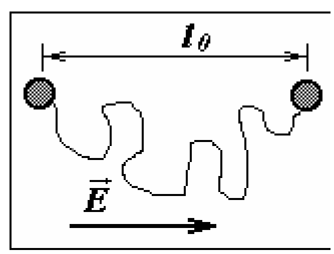
1. Un disco rígido, está fijo horizontalmente en un eje vertical, realizando oscilaciones circulares armónicas alrededor de este eje con una amplitud determinada. ¿Cuál es la amplitud de estas oscilaciones, si se conoce que la aceleración total de un punto cualquiera del disco cuando la desviación es máxima y cunando el punto pasa por la posición de equilibrio son iguales en módulo?



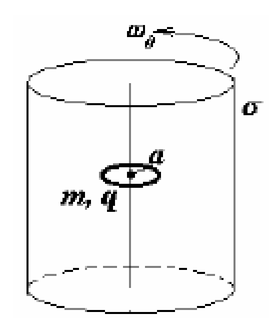
2. En una pared vertical existe un clavo en el punto A en el cual está atado un hilo de masa despreciable de longitud l en el otro extremo se coloca un cuerpo pequeño con masa. El hilo se inclina y se libera sin ser empujado. En el proceso de movimiento el hilo se topa con el clavo C y comienza a enrollarse parcialmente en el. Muestre el conjunto de puntos en los cuales se puede poner el clavo C, de manera tal que en el proceso de movimiento de la esfera realice una vuelta completa alrededor de este clavo. La resistencia del aire se desprecia.



3. Dos pequeñas esfera metálicas de radios a están unidos por un alambre fino, imponderable y blando de longitud l; la distancia entre las esferas es l_0 ($l>l_0>>a$). las esferas se encuentran dentro de un campo eléctrico de intensidad E. El vector intensidad estás en la dirección de la línea que une las esferas. Determine la velocidad máxima de las esferas, si se liberan sin velocidad inicial.



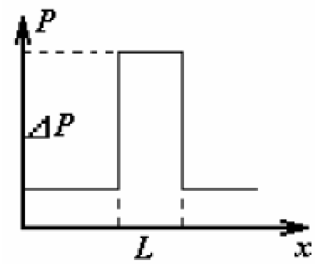
4. La superficie lateral de un cilindro largo de radio R está cargada con densidad superficial de carga homogénea σ. Dentro de el cilindro se encuentra un anillo no conductor de radio a, con masa m, y carga q. El eje del anillo coincide con el del cilindro. El anillo puede rotal libremente por su eje independientemente del cilindro. El cilindro se pone a rotar con velocidad angular ω_0 ¿A qué será igual en este caso la velocidad angular de rotación del anillo? ¿En que dirección va a rotar?



5. En este problema analizaremos un modelo sencillo de la interacción de una onda de choque sobre un cuerpo. En este modelo la onda de choque se analiza como un salto de presión, que se propaga en el espacio. La dependencia de la presión con la coordenada en la

dirección que se propaga se muestra en la figura. El frente de onda es perpendicular a la superficie de la tierra.
Damos las siguientes características de la onda de choque.

- En aumento de la presión respecto a la atmosférica es $\Delta P=5,0\cdot10^5$ *Pa*.
- La velocidad propagación de la onda es $c=3,0\cdot10^2$ *m/s*.
- El ancho de la zona donde se produce el aumento de la presión es $L=3,0\cdot10^2$ *m*.

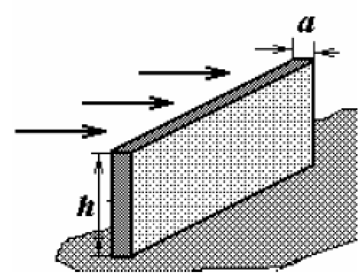


Vamos a considerar que el movimiento del aire en la zona de aumento de la presión es despreciable. También se desprecian las fuerzas de rozamiento del aire que actúan sobre el cuerpo en movimiento.

5.1 Un pedazo de hielo de forma irregular (dimensiones del orden de *1 m*) se encuentra sobre una pista de hielo. El coeficiente de rozamiento del hielo con el hielo $\mu=2,0\cdot10^{-2}$. La densidad del hielo es $\rho=0,90\cdot10^3\ kg/m^3$. Determine la velocidad máxima, que alcanza el pedazo de hielo como resultado de la interacción con la onda de choque.

5.2 Estime el desplazamiento máximo del pedazo de hielo, descrito en el punto 5.1, como resultado de la interacción con la onda de choque.

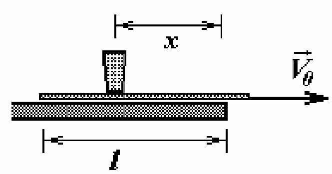
5.3 Muestre la posición final del pedazo de hielo (su desplazamiento respecto a la posición inicial) después que pasa la onda.



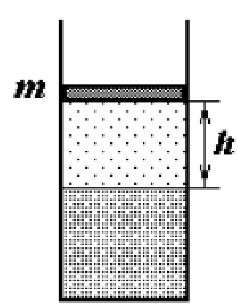
5.4 La onda si dirige hacia una pared de cemento parada libremente, cuyo ancho es *a=30 cm*, perpendicular a su superficie. ¿Para que altura de la pared *h*, ella puede voltear la pared con el frente delantero de la onda (con la ausencia del frente trasero)? El deslizamiento de la pared por la superficie no es posible. La densidad de la pared es $\rho=3,0\cdot10^3\ kg/m^3$

Grado 11.

1. Usted debe realizar un truco conocido: sacar un pañuelo por debajo de un bazo parado encima del pañuelo. El pañuelo descansa horizontalmente en el borde de la mesa, de manera tal que la longitud que está sobre la mesa es *l*, el baso está a una distancia *x* del borde de la mesa, el baso se puede considerar un punto material. La masa del pañuelo es despreciable, el coeficiente de rozamiento entre el pañuelo y el fondo del baso es μ. El coeficiente de rozamiento entre el baso y la mesa es tan grande que se despréciale movimiento del baso por la mesa. Considerando que el pañuelo se saca con velocidad constante, determine para que valor mínimo de velocidad del pañuelo el truco funciona.



2. Dentro un recipiente alto vertical por debajo de un pistón se encuentra gas carbónico y agua gasificada (disolución de gas carbónico en agua). El pistón cierra herméticamente al cilindro y puede moverse verticalmente por el sin rozamiento. Con una masa del pistón igual a m_0 el se encuentra en equilibrio a la altura h_0 de la



superficie del agua, con el aumento de la masa del pistón hasta m_1 el baja hasta la distancia h_1 del agua. ¿Cuál tiene que ser la masa del pistón para que el alcance la superficie del agua? Todos los procesos se pueden considerar isotérmicos. El cambio del volumen del líquido con la disolución del gas, la evaporación del agua y la presión atmosférica se desprecian.
Aclaración: la disolubilidad de los gases es proporcional a la presión parcial exterior de este gas sobre la superficie del líquido (ley de Henry).

3. La modulación de una radio señal se puede realizar simplemente con la función $E = E_0 \cos\omega_0 t(1 + a\cos\omega_1 t)$, donde ω_0 - la frecuencia que trae la onda, ω_1 – la frecuencia de modulación (frecuencia de la señal útil), a demás $\omega_0 >> \omega_1$, a, E_0 – son magnitudes constantes, determine la amplitud y la profundidad de modulación de la señal. La velocidad de propagación de la onda electromagnética c depende de la frecuencia (producto de la dispersión) por la siguiente ley aproximada $c(\omega) = c_0 - \gamma(\omega - \omega_0)$, donde c_0 – es la velocidad de propagación de la luz para la frecuencia ω_0, γ - es una constante conocida pequeña $(c_0 >> \gamma\omega_0)$. Determine la velocidad de propagación de la onda útil (la velocidad de propagación de la señal modulada) en las condiciones dadas.

Nota:
$$\cos A + \cos B = 2\cos\frac{A+B}{2}\cos\frac{A-B}{2}$$
$$2\cos A\cos B = \cos(A+B) + \cos(A-B)$$

4. En este problema usted tendrá que construir el modelo para la *deriva de inducción-luminosa* en los gases. Bajo determinadas condiciones es posible el corrimiento lento de un componente de la mezcla de gases bajo la acción de la luz. A demás está deriva puede estar dirigida tanto en el sentido de la propagación de la luz, como en sentido contrario.
Nosotros observaremos este efecto en la mezcla compuesta de hidrógeno y helio, además la concentración de hidrógeno es considerablemente que la de helio (le cual se toma como gas que deriva). La temperatura de la mezcla es $T=100\ K$ y la presión $p = 1{,}0 \cdot 10^4$ Pa .
La mezcla se alumbra con una onda monocromática luminosa.

Utilizando la teoría semiclásica para el átomo de hidrógeno de Bohr. Determine la dependencia entre el radio del átomo de hidrógeno (como radio del átomo tome el radio de la orbita de Bohr) en función del número quántico principal n. Determine el radio del átomo en nivel principal y en el primer estado excitado ¿A que será igual el radio del átomo para $n=1000$?
Recordamos: De acuerdo con la ley de quantificación de Bohr, las orbitas son estacionarias si cumplen con la condición $mvr = n\hbar$ *(m – masa del electrón, v – su velocidad orbital, r – radio de la orbita, n – número quántico principal).*

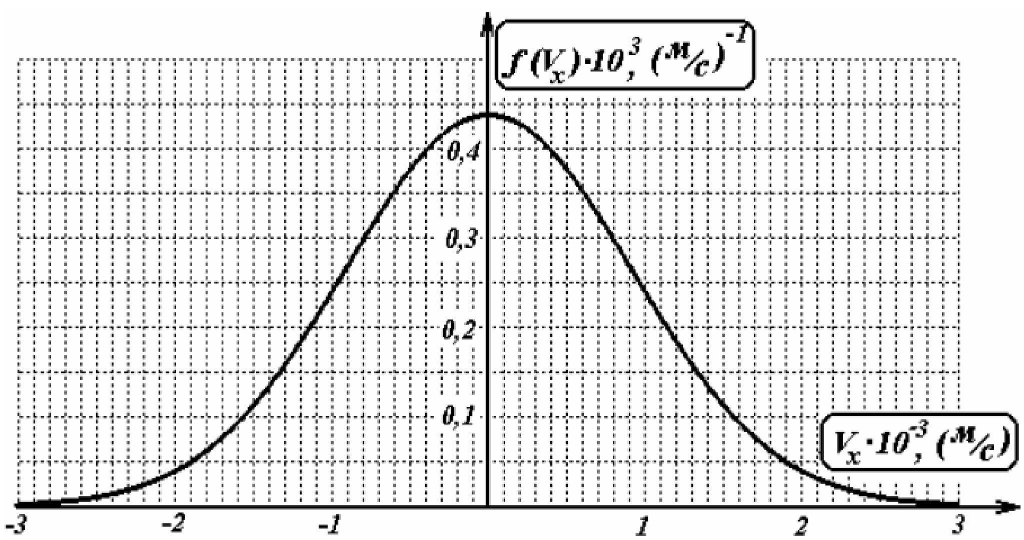
Obtenga una expresión para estimar el valor medio de la longitud de recorrido libre medio Λ para el átomo de hidrógeno. De una estimación numérica para esta longitud en el átomo de hidrógeno, que se encuentra en el estado principal, en la mezcla dada. En cuanto cambia la longitud de recorrido libre con el paso del átomo al primer estado excitado.
El diámetro de los átomos de helio se debe tomar como 0,2 nm.

Calcule la frecuencia de emisión electromagnética ν_0, absorbida por el átomo de hidrógeno con el paso del estado básico al primer estado excitado.

Muestre que la frecuencia de la luz absorbida por el átomo, que se mueve a una velocidad V al encuentro de una onda electromagnética de frecuencia ν_0, se puede calcular por la formula aproximada $\nu = \nu_0\left(1+\frac{V}{c}\right)$, c – es la velocidad de la luz.

La frecuencia de la incidente es mayor que la frecuencia de paso desde el estado básico al primer estado excitado del átomo de hidrógeno en $\Delta\nu \approx 1\cdot 10^{10}$ c^{-1} ¿Con que velocidad V^* se tiene que mover el átomo de hidrógeno, para que pueda absorber un kuánto de luz incidente?

Las líneas de absorción de los átomos tiene un ancho determinado, o sea el átomo absorbe la luz, no sólo la que corresponde a la frecuencia de resonancia ν_0 (que determina la diferencia de los niveles energéticos), si no también la frecuencia que se diferencia de ν_0 en una magnitud pequeña $\delta\nu$ (esta magnitud se le denomina ancho de la línea de absorción). Para el paso del átomo de hidrógeno del estado estacionario al primero excitado esta línea es $\delta\nu \approx 2\cdot 10^{8}$ c^{-1}**.** Teniendo en cuenta que la mezcla de gas dada, la velocidad de los átomos de hidrógeno es distinta, determine la parte de los átomos de hidrógeno, que absorben luz, cuya frecuencia es mayor que ν_0 en la magnitud $\Delta\nu \approx 1\cdot 10^{10}$ c^{-1}. Considere que la intensidad de la luz es tal que $\eta \approx 1\%$ de los átomos que cumplen con las condiciones de absorción, pasan al estado excitado.



La función de distribución de la velocidad $f(v_x)$ de los átomos de hidrógeno para la proyección de la velocidad v_x a temperatura $T=100$ K se muestra en la figura.

<u>*Recordemos:*</u> *la magnitud $f(v_x)\Delta v_x$ es igual a la parte relativa de moléculas, cuya componente de velocidad se encuentra en el intervalo* $[v_x, v_x+\Delta v_x]$.

Estime la velocidad media de deriva para los átomos de hidrógeno en la mezcla analizada con la iluminación por una onda electromagnética, descrita en el apartado anterior.

Obtenga una formula para la dependencia de la velocidad de deriva con la magnitud $\Delta\nu$ la diferencia la frecuencia incidente con la frecuencia de resonancia ν_0, en los límites de el modelo descrito. Construya una gráfica esquemática para esta dependencia.

Carga del electrón	$e=1,602\cdot 10^{-19}$ C

Masa del electrón	$m=9{,}11\cdot 10^{-31}\ kg$
Velocidad de la luz	$c=2{,}998\cdot 10^{8} m/s$
Constante de Plank	$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1{,}054\cdot 10^{-34}\ J\cdot s$
Constante de Volsman	$k=1{,}381\cdot 10^{-23}\ J/K$
Constante universal de los gases.	$R=8{,}314\ J/(K\cdot mol)$
Constante eléctrica.	$\varepsilon_0=8{,}854\cdot 10^{-12}\ F/m$