

## Olimpiada de Física, Belarús, 1999

### Grado 10.

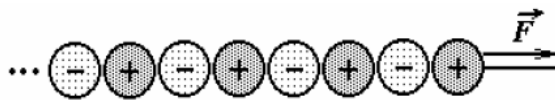
1. De acuerdo con el principio de equipartición de la energía, a cada grado de libertad que oscila de los átomos en un cristal le corresponde una energía, igual  $kT$ , donde  $T$  – temperatura absoluta,  $k$  – constante de Boltzman. Utilizando esta teoría determine el calor específico molar de los cristales.

En la tabla se dan los valores de los calores específicos  $c$  y la masa molar  $\mu$  para un grupo de metales. Estime por estos datos el valor de la constante universal de los gases.

Metal.	$C, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\mu, \text{g/mol}$	Metal.	$C, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\mu, \text{g/mol}$
Aluminio.	0,88	27,0	Sodio.	1,20	23,0
Hierro.	0,46	55,8	Estaño.	0,20	118,6
oro	0,13	197,0	Manganeso	0,50	54,9
Magnesio.	1,05	24,3	cobre	0,38	63,5

2. En una cadena no conductora se encuentran un número grande de esferas no conductoras iguales. Las esferas tienen la misma carga en módulo, con los signos alternados. La fuerza de interacción entre dos esferas vecinas es  $f_0=10 \text{ N}$ . ¿Qué fuerza mínima es necesario aplicar a la esfera del extremo para romper la cadena?

Determine esta fuerza con un error no mayor del 5 %.



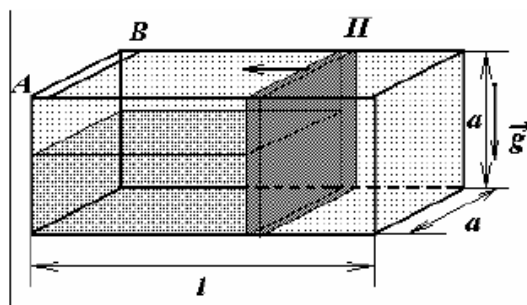
¿En que lugar se rompe la cadena, si se aplica a la esfera de un extremo una fuerza que aumenta lentamente  $\vec{F}$ ?

3. Un ventilador de tres aspas rota con frecuencia  $n=10 \text{ s}^{-1}$ , y se ilumina con una lámpara estroboscópica cuya frecuencia de flacheo puede variar en el intervalo desde 2 a 200 Hz. Para que valores de frecuencia en el flacheo de la lámpara parece que el ventilador.

- El ventilador está en reposo y tiene tres aspas.
- El ventilador está en reposo y tiene seis aspas.
- ¿Da vueltas en sentido contrario con frecuencia  $n_1=0,25 \text{ s}^{-1}$ ?

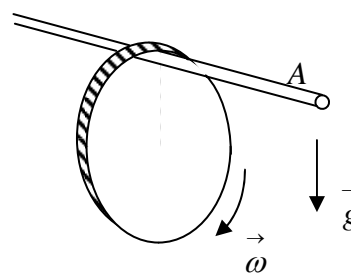
4. Un recipiente en forma cubo, cuyas dimensiones se muestran en la figura, tiene un pistón móvil que cierra herméticamente  $P$ .

En la tapa superior del recipiente a la derecha se hace una abertura  $AB$ . Inicialmente el pistón está pegado a la pared derecha del recipiente. En el recipiente se vierte agua de manera tal que su altura es  $h_0$ . ¿Qué trabajo mínimo hay que realizar para mover lentamente el pistón, y sacar totalmente el aire del recipiente? La presión atmosférica es  $P_0$ .

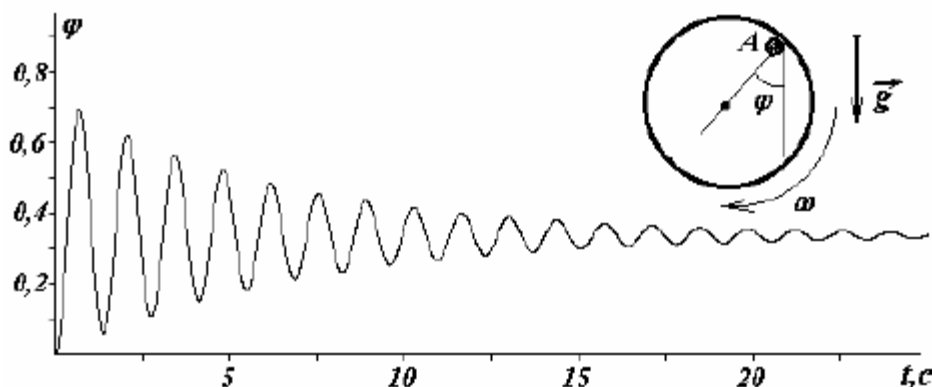


5. Cuando con una velocidad de  $30 \text{ km/h}$  constante y horizontal se mueve un tranvía, en el circuito circula una corriente de  $30 \text{ A}$ . La velocidad máxima de movimiento horizontal uniforme es  $70 \text{ km/h}$ . Considerando la fuerza de rozamiento proporcional a la velocidad del tranvía, y la resistencia activa del motor constante, estime que corriente pasa por el circuito de motor con el tranvía en reposo. (para la compensación de los valores altos de corriente en el circuito se coloca un reóstato, el cual en el problema dado no se tiene en cuenta. Los valores estándar de la tensión, que se utilizan en la industria y en el transporte son  $380 \text{ V}$ ,  $550 \text{ V}$ ,  $660 \text{ V}$ ).

6. Un anillo fino de radio  $R=10 \text{ cm}$  se pone a girar alrededor de su eje y es colocado en una barra horizontal A de radio  $r=1,0 \text{ cm}$ . En la gráfica se muestra la dependencia del ángulo  $\varphi$  que determina la posición del centro del aro respecto a la vertical, con el tiempo (ver figura). Determine el coeficiente de rozamiento del aro con la barra.

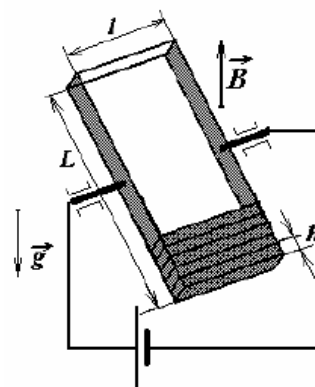


La barra A se coloca vertical ¿Qué velocidad horizontal es necesario comunicarle al borde del aro para que este permanezca a la misma altura?



### Grado 11.

7. Una caja liviana y hueca de ancho  $l$  y largo  $L$  con caras conductoras, puede rotar libremente por un eje horizontal, que pasa por su centro. Las caras se conectan a una fuente de corriente constante  $\mathcal{E}$  con resistencia interna  $r$ . En la cajas se colocan placas conductoras de masa  $m$  y ancho  $h=L/20$ , cuya resistencia eléctrica es mucho menor que la resistencia interna de la fuente. Todo el sistema se encuentra dentro campo magnético vertical y homogéneo de inducción  $B$ . Determine la dependencia del ángulo de inclinación de la posición de equilibrio de la caja en dependencia del número de láminas dentro de ella.



8. Analice las características de un cristal ideal con una red cúbica, formada por átomos iguales de masa  $m$ . La energía potencial de interacción de dos átomos depende de la distancia entre los centros  $r$  por la ley  $U(r) = \frac{a}{r^{12}} - \frac{b}{r^6}$ , donde  $a, b$  – son constantes positivas. Expresé en términos de  $a, b$ , y  $m$  los siguientes parámetros característicos del cristal.

- Densidad  $\rho$ .
- Calor específico de sublimación (cambio de estado desde cristal a gas)  $\lambda$ .
- Modulo de Young del cristal  $E$ .
- Limite de resistencia del cristal (valor máximo de tensión que puede resistir el cristal sin romperse)  $\sigma_{re}$ .
- Deformación relativa máxima hasta que se rompe  $\varepsilon_{re}$ .
- Coeficiente de dilatación lineal térmico  $\alpha$ .

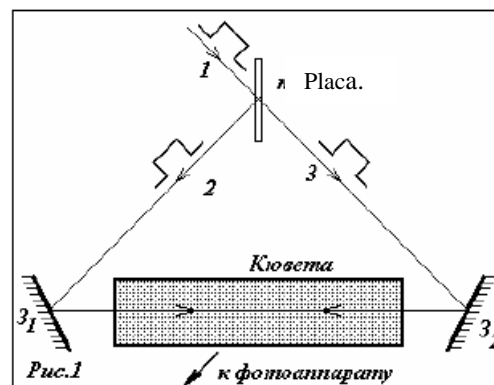
(La fuerza de interacción de dos cuerpos está relacionada con la energía potencial por la formula  $F = -\frac{dU_r}{dr}$ . Con los cálculos de todas las características el átomo solo interactúa con sus vecinos circundantes. Se recomienda la utilización de la formula.

$(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} x^2$ , en la cual usted puede utilizar tantos términos como entienda en cada situación concreta. El aumento de las dimensiones del cuerpo con la temperatura se describe con la ecuación  $l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$ , donde  $\alpha$  - es el coeficiente de dilatación lineal).

9. Con la interacción de potentes flujos luminosos con una sustancia, es posible el proceso cuyo resultado provoca que una molécula al mismo tiempo absorba dos cuantos luminosos (absorción de doble fotón) y pasa al estado excitado. La transición inversa de la molécula al estado estable es posible con la emisión de un fotón (luminiscencia). Si la luminiscencia excitada ocurre gracias a la absorción de dos fotones, entonces su intensidad  $I_L$  es proporcional el cuadrado de la intensidad del flujo incidente  $I_0$ :

$$I_L = k I_0^2$$

El fenómeno descrito se utiliza para la medición de la duración de impulsos luminosos muy cortos. El esquema tradicional de estas mediciones se da en la figura 1. El impulso luminoso 1 (pulso cuadrado) se dirige a la placa divisora de luz, donde se divide en dos impulsos de igual intensidad 2, 3, los cuales después de reflejarse en los espejos van al encuentro el uno del otro en la dirección de la cubeta, llena de la disolución luminiscente. Como resultado de la absorción de doble fotón en la dirección de los impulsos se deja un huella luminiscente, la cual se fotografía con una duración de exposición mucho mayor que la duración del impulso. En la figura 2 se da la dependencia de la huella de los



impulso dentro de la cubeta impresos en la placa fotográfica  $D$ , como función de la distancia a la pared de la cubeta. Como la probabilidad de una doble absorción del fotón es poca, entonces se puede despreciar la variación de la intensidad de los impulsos con el paso por la disolución. Describa de manera analítica esta dependencia con la ausencia de errores fortuitos. Determine la duración de los impulsos. El índice de refracción de la disolución es 1,5.

