Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba
Parte Teórica

Nombre: ....

DNI: ....

Escuela: ....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.

- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.

- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.

- Escriba en un solo lado de las hojas.

Problema Teórico 1

Andrés y Beatriz, que se encuentran en las terrazas de dos torres de departamentos de 80 m de altura y separadas por una distancia de 40 m, juegan a lanzar y atrapar pelotas de tenis.

Andrés lanza, desde el borde de su terraza, la primera pelota con una velocidad de módulo 20 m/s que forma un ángulo de 60° con la horizontal. Suponiendo que la aceleración de la gravedad es 10 m/s^2 y que no hay viento:

a) Haga un gráfico que esquematice la situación planteada y en el mismo dibuje el sistema de coordenadas que utilizará para la solución del problema.
b) Escriba las expresiones de las coordenadas horizontal y vertical en función del tiempo.
c) Calcule la altura máxima que alcanza la pelota con respecto a la base de las torres.
d) Demuestre, haciendo todos los cálculos que sean necesarios, que la pelota lanzada por Andrés no le llega a Beatriz.
e) Determine a qué altura, con respecto a la base de las torres, va a golpear la pelota de tenis sobre la pared de la torre vecina.

A continuación, Beatriz le sugiere a Andrés que lance la pelota de igual manera (módulo de velocidad inicial y ángulo), pero que lo haga corriendo con una velocidad constante v_x.

f) ¿Cuál debe ser la mínima velocidad v_x que debe tener Andrés, cuando lance la pelota desde el borde de la terraza, para lograr que esta caiga sobre la terraza de la otra torre?

Nota: Las terrazas de las torres tienen todas las medidas de seguridad necesarias para evitar que los niños caigan al vacío.

Problema Teórico 1
Hoja de Respuestas

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		
f)		

Problema Teórico 2

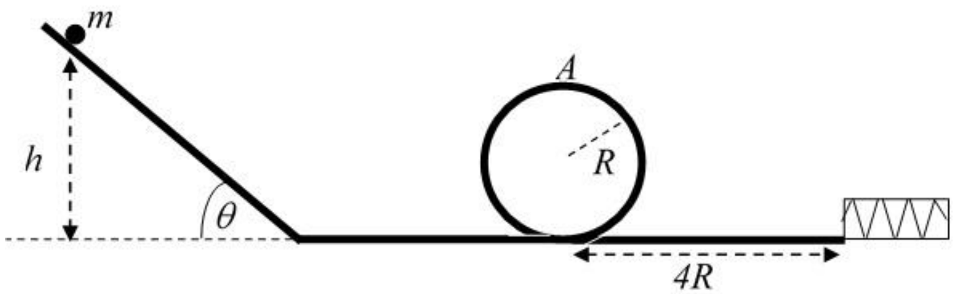
Un juego consiste en lograr que un cuerpo, que consideraremos puntual y de masa m, recorra todo un circuito y llegue a impactar en un resorte de constante elástica k. Para jugar debemos liberar al cuerpo desde una determinad altura h sobre un plano inclinado, que subtiende un ángulo θ con la horizontal, y lograr que recorra el lazo vertical, de radio R, que conforma el circuito sin despegarse en ningún momento de la pista. Suponiendo que no existe rozamiento entre la superficie y el cuerpo determinar.

a) ¿Cuál es la altura mínima desde donde lo debemos soltar al cuerpo para lograr el cometido de que recorra todo el circuito?
b) ¿Cuánto se comprimirá el resorte cuando el cuerpo impacte con él?
c) Si lo soltamos desde una altura h_1 que duplique a la calculada en el punto a) ¿Cuál será la fuerza que ejerce el circuito cuando el cuerpo esté en la parte superior del lazo (punto A)?

Si lo soltamos desde h_1 y el último tramo horizontal, después del lazo y antes de llegar al resorte, es de longitud 4R y tiene rozamiento ($\mu_d = 0{,}4$),

d) ¿Cuánto se comprimirá el resorte?

Datos: aceleración de la gravedad 10 m/s^2, m = 20 g, R = 40 cm, $\theta = 30°$, k = 100 N/m.

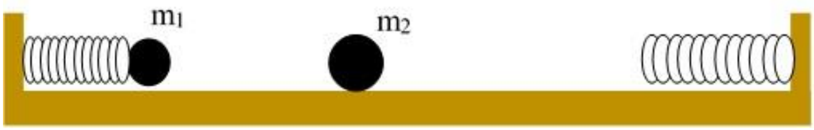


Problema Teórico 2
Hoja de respuestas

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Problema Teórico 3

Un chico arma el dispositivo que se muestra en la figura. Este está compuesto por una superficie sin rozamiento en cuyos extremos se encuentran dos resortes idénticos de constante elástica k y longitud natural l_0. Una masa m_1 está apoyada al resorte de la izquierda el cual está comprimido en Δx_0. En el punto medio de la pista está en reposo una segunda masa $m_2 = 3\ m_1$. En $t = 0\ s$ se libera la masa m_1 la cual choca elásticamente con la masa m_2.



a) Calcule la velocidad de la masa m_1 al liberarse del resorte.
b) Determine la velocidad de los cuerpos luego del choque.
c) Calcule cuanto se comprimirán los resortes luego del choque.
d) Si los dos cuerpos son de igual masa (iguales a la de m_1) y los extremos de los resortes están separados por una distancia *d,* ¿el movimiento de los cuerpos sería periódico? En caso afirmativo calcule el periodo del movimiento

Datos: $m_1 = 0,5\ kg$, $k = 5000\ N/m$, $\Delta x_0 = 0,1 m$, $d = 2\ m$.

Problema Teórico 3
Hoja de respuestas

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba
Parte Experimental

Nombre: ....

DNI: ....

Escuela: ....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.

- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.

- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.

- Escriba en un solo lado de las hojas.

Objetivos

- “Jugar” con medios granulares.
- Estudiar los efectos disipativos de medios granulares en la dinámica de los recipientes que los contienen.

Breve descripción

Un **medio granular** consiste en un conjunto de partículas **macroscópicas** que interaccionan entre sí mediante **fuerzas de contacto.** El tamaño de los granos que constituyen este tipo de materiales abarca desde milímetros hasta metros. Algunos ejemplos de medios granulares son**: el arroz, la sal, la polenta, la arena** e incluso el material que forma los anillos de Saturno. La materia granular se puede comportar de manera similar a un sólido pero también puede fluir como un líquido. La dinámica de estos medios es por consiguiente muy difícil de describir y aún se están realizando estudios teóricos y experimentales para lograr obtener una descripción completa de la misma.
Los sistemas compuestos por medios granulares tienen un comportamiento **altamente disipativo, como consecuencia de la cantidad de interacciones entre partículas que se producen en su seno. Es por esto que alcanzan rápidamente un estado de equilibrio en ausencia de una fuente de energía externa.**

Propuesta

Estudiar el movimiento de un frasco que contiene material granular.
Para esto se propone cargar un frasco cilíndrico con material granular y hacerlo rodar por un plano inclinado, y a continuación por una superficie horizontal. Se pretende medir la distancia máxima (L) que alcanza el frasco en función de la cantidad de sustancia granular que contiene.

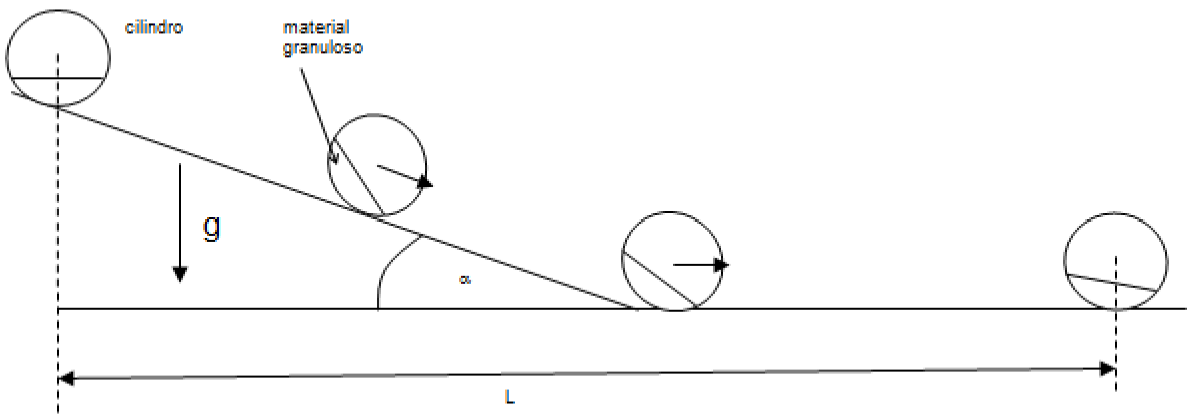


Figura 1

Consigna

Implementar un arreglo experimental similar al de la Figura 1 y realizar los experimentos.

Elementos que pueden resultar de utilidad

- Cinta métrica.
- Cartón rígido o chapa.
- Cilindro contenedor.
- Material granular seco.
- Cinta adhesiva de papel.
- Apoyos para el plano inclinado (libros).
- Dosificador de material granular.
- Espacio libre de obstáculos, para que el cilindro ruede.

Sugerencias

- Utilizar como cilindro un frasco de vidrio, en lo posible transparente (tipo de café de 250g).
- Utilizar diferentes materiales granulares (arroz, polenta, sal gruesa, sal fina, arena seca etc.).
- Utilizar una herramienta para cuantificar el material granular que se utiliza en las mediciones, tipo tapita plástica de gaseosa.
- Comprobar que las relaciones entre el recorrido máximo del frasco, el ángulo del plano inclinado y el espacio disponibles son las adecuadas.

Desarrollo de los experimentos

Una vez implementado el diseño experimental, para un ángulo fijo del plano inclinado y una posición fija de largada:

a) Realice mediciones de la distancia máxima (L) que alcanza el frasco vacio.

b) Realice mediciones de la distancia máxima (L) que alcanza el frasco cuando contiene diferentes cantidades de material granular. Esto es, mediciones N vs L (numero de tapitas de material granulado puestos en el frasco versus distancia máxima alcanzada). Extienda las mediciones hasta que el material granular llene completamente el frasco. Confeccione una tabla con los resultados. Observe el comportamiento del material granular, contenido en el frasco, durante el transcurso de los experimentos (distribución de material, comportamiento dinámico del mismo, etc.).

c) Registre el número de “tapitas” (N_T) necesarias para completar el frasco con su correspondiente incerteza.

Realice experimentos utilizando al menos tres materiales granulares diferentes.

d) Confeccione un gráfico tomando como abscisas el número de tapitas (N) dividido por N_T y como ordenada la distancia L alcanzada por el cilindro. En éste gráfico deben estar contenidos los resultados de todos los experimentos (todos los materiales).

e) Analice y describa los resultados que se desprenden del gráfico anterior.

f) Confeccione un gráfico log-log (escalas logarítmicas) en el que estén todos los resultados.

g) Analice y describa los resultados que se desprenden de este nuevo gráfico.

h) Explique cualitativamente todos los resultados obtenidos y relaciónelos con las observaciones cualitativas que efectuó durante los experimentos (distribución de material, comportamiento dinámico del mismo, etc.).

<u>Problema Experimental</u>
Hoja de respuestas.

inciso		**puntaje**
a) y b)	Tabla con los resultados	
c)	N_T	
d)	Gráfico	
e)	Análisis del gráfico	
f)	Gráfico log-log	
g)	Análisis del gráfico log-log	
h)	Explicación cualitativa de los resultados y observaciones realizadas.	

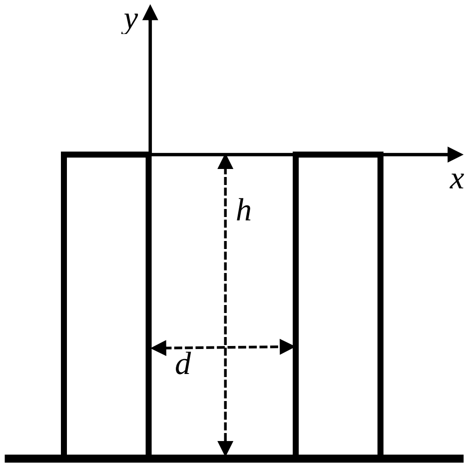
Problema Teórico 1

Inciso		Puntaje
a)	Ver resolución	1 pto.
b)	$x(t) = v_0 \cos(\alpha)\ t \qquad y(t) = v_0 \operatorname{sen}(\alpha)\ t - \frac{1}{2}\, g\, t^2$	2 ptos.
c)	$h_m = y(t_{hm}) = 15\ m$	1 pto.
d)	Ver resolución	2 ptos.
e)	$h_1 = 80\ m + \ y(t_1) = 69{,}282\ m$	2 ptos.
f)	$v_x = 1{,}547\, \frac{m}{s}$	2 ptos.

Solución:

a) *Haga un gráfico que esquematice la situación planteada y en el mismo dibuje el sistema de coordenadas que utilizará para la solución del problema.*

Existen muchas variantes posibles, yo especificaré el que utilicé para la resolución del problema.



$h = 80 \qquad\qquad d = 40\ m$

b) *Escriba las expresiones de las coordenadas horizontal y vertical en función del tiempo.*

$$x(t) = v_0 \cos(\alpha)\ t \qquad y(t) = v_0 \operatorname{sen}(\alpha)\ t - \tfrac{1}{2}\, g\, t^2$$

$$v_0 = 20 \frac{m}{s} \qquad \alpha = 60° \qquad g = 10 \frac{m}{s^2}$$

c) *Calcule la altura máxima que alcanza la pelota con respecto a la base de las torres.*

En el instante de altura máxima la componente vertical de la velocidad se anula, por lo tanto

$$t_{hm} = \frac{v_0 \operatorname{sen}(\alpha)}{g} = 1{,}732\ s$$

Reemplazando este valor en la posición vertical de la pelota obtenemos:

$$h_m = y(t_{hm}) = 15\ m$$

d) *Demuestre, haciendo todos los cálculos que sean necesarios, que la pelota lanzada por Andrés no le llega a Beatriz.*

Para demostrar este ítem voy a ver a qué altura está la pelota cuando llega a la altura del otro edificio.

$$x(t_1) = v_0 \cos(\alpha)\ t_1 = 40\ m$$

$$t_1 = \frac{40\ m}{v_0 \cos(\alpha)} = 4\ s$$

$$y(t_1) = -10{,}718\ m$$

Por lo tanto, al llegar al otro edificio la pelota estará por debajo del nivel de las terrazas.

e) *Determine a qué altura, con respecto a la base de las torres, va a golpear la pelota de tenis sobre la pared de la torre vecina.*

$$h_1 = 80\ m + y(t_1) = 69{,}282\ m$$

f) *¿Cuál debe ser la mínima velocidad v_x que debe tener Andrés, cuando lance la pelota desde el borde de la terraza, para lograr que esta caiga sobre la terraza de la otra torre?*

Para realizar este cálculo primero calcularé el tiempo en que la pelota está a la misma altura de la terraza del otro edificio y luego determinar qué velocidad horizontal debo adicionar para que recorra 40 m en dicho tiempo.

$$y(t_2) = v_0 \operatorname{sen}(\alpha)\ t_2 - \frac{1}{2}\, g\, {t_2}^2 = 0\ m$$

$$t_2 = 3{,}464\ s$$

Entonces se debe verificar que:

$$x(t_2) = [v_0 \cos(\alpha) + \ v_x]\ t_2 = 40\ m$$

Despejando obtenemos:

$$v_x = 1{,}547 \frac{m}{s}$$

Problema Teórico 2

Inciso		Puntaje
a)	$h_m = 1\ m$	3 ptos.
b)	$\Delta x = 0{,}063\ m$	2 ptos.
c)	$N = 1\ N$	3 ptos.
d)	$\Delta x_F = 0{,}074\ m$	2 ptos.

Solución:

a) ¿Cuál es la altura mínima desde donde lo debemos soltar al cuerpo para lograr el cometido de que recorra todo el circuito?

Para determinar la altura mínima primero debemos determinar la mínima velocidad que debe tener el cuerpo en el punto más alto del circuito (punto A). En este punto la mínima velocidad será aquella en la cual la fuerza peso provea la fuerza centrípeta para que el cuerpo realice el movimiento circular. Una velocidad menor haría que el cuerpo se despegue de la pista antes de llegar a este punto.

$$m\ g = \frac{m\ {v_m}^2}{R}$$
$$v_m = \sqrt{R\ g} = 2\ m/s$$

Ahora, aplicando conservación de la energía escribimos.

$$m\ g\ h_m = \frac{1}{2}\ m\ {v_m}^2 + \ m\ g\ 2\ R$$

Despejando obtenemos:

$$h_m = 1\ m$$

b) ¿Cuánto se comprimirá el resorte cuando el cuerpo impacte con él?

Haciendo uso de la conservación de la energía podemos escribir:

$$m\ g\ h_m = \frac{1}{2}\ k\ \Delta x^2$$

Despejando obtenemos

$$\Delta x = 0{,}063\ m$$

c) *Si lo largamos desde una altura h_1 que duplique al calculada en el punto a) ¿Cuál será la fuerza que ejerce el circuito cuando el cuerpo esté en la parte superior del lazo (punto A)?*

Primero calculamos la velocidad que tendrá el cuerpo en el punto A utilizando la conservación de la energía.

$$m\ g\ h_1 = \frac{1}{2}\ m\ {v_A}^2 + \ m\ g\ 2\ R$$

Despejando obtenemos

$$v_A = 4{,}899\ m/s$$

Sabiendo que la en dicho punto las fuerzas que actúan son el peso y la normal de la superficie y que la resultante debe ser igual a la fuerza centrípeta del movimiento circular que está realizando el cuerpo. Entonces:

$$m\ g + N = \frac{m\ {v_A}^2}{R}$$

Despejando obtenemos:

$$N = 1\ N$$

d) *¿cuánto se comprimirá el resorte?*

La energía del cuerpo antes de impactar superar la zona con rozamiento será la energía inicial menos el trabajo que realiza la fuerza de rozamiento.

$$E_F = \ m\ g\ h_1 - \mu_d\ m\ g\ 4\ R = 0{,}272\ J$$

Teniendo en cuenta que luego de superar la región con rozamiento la energía se conserva tenemos:

$$E_F = \frac{1}{2}\ k\ {\Delta x_F}^2$$

$$\Delta x_F = 0{,}074\ m$$

Problema Teórico 3

Inciso		Puntaje
a)	$v_{10} = \sqrt{\frac{k}{m_1}} = 10\ m/s$	2 ptos.
b)	$v_{1F} = -5m/s\ ,\quad v_{2F} = 5\ m/s$	3 ptos.
c)	$\Delta x_1 = 0{,}05\ m \qquad \Delta x_2 = 0{,}087\ m$	2 ptos.
d)	Sí es periódico; $T = 0{,}463\ s$	3 ptos.

Solución:

a) Calcule la velocidad de la masa m_1 al liberarse del resorte.

$$\frac{1}{2}\, m_1\, {v_1}^2 = \frac{1}{2}\, k\, \Delta x^2$$

Despejando obtenemos:

$$v_{10} = \sqrt{\frac{k}{m_1}} = 10\ m/s$$

b) Determine la velocidad de los cuerpos luego del choque.

En un choque elástico se conserva la cantidad de movimiento lineal y la energía del sistema. Teniendo en cuenta esto las velocidades después del choque, teniendo en cuenta que la masa 2 está inicialmente en reposo, serán:

$$v_{1F} = \frac{(m_1 - m_2)v_{10} + 2\, m_2\, v_{20}}{m_1 + m_2} = -5\ m/s$$

$$v_{2F} = \frac{2\, m_1\, v_{10} + (m_2 - m_1)\, v_{20}}{m_1 + m_2} = 5\ m/s$$

c) Calcule cuanto se comprimirán los resortes luego del choque.

Haciendo uso de la conservación de la energía podemos escribir:

$$\frac{1}{2}\, m_i\, {v_{iF}}^2 = \frac{1}{2}\, k\, \Delta {x_i}^2$$

Entonces:

$$\Delta x_i = \sqrt{\frac{m_i}{k}}\, |v_{iF}|$$

Reemplazando los valores para cada una de las masas obtenemos:

$$\Delta x_1 = 0{,}05\, m \qquad \Delta x_2 = 0{,}087\, m$$

d) *Si los dos cuerpos son de igual masa (iguales a la de m_1) y los extremos de los resortes están separados por una distancia d, ¿el movimiento de los cuerpos sería periódico? En caso afirmativo calcule el periodo del movimiento*

Verificando las expresiones de las velocidades después del choque podemos observar que, si las masas son idénticas, luego del choque la masa 1 quedará en reposo y la masa 2 tendrá la velocidad de la masa 1 tenía antes del choque. La masa 2 comprimirá el resorte y volverá a salir con una velocidad de módulo idéntico al que tenía y nuevamente chocará con la masa 1 e intercambiarán nuevamente sus velocidades. La masa 1 repetirá un proceso idéntico al que hizo la masa 2 y así, si no hay pérdidas de energía, se mantendrá este movimiento periódico. El periodo será la suma del tiempo que demoran en recorrer 2 veces la distancia que separa a los resortes más el periodo de uno de los resortes (cada cuerpo está en contacto con el resorte un tiempo equivalente a la mitad de un periodo).

Entonces el periodo será:

$$T = \frac{2\, d}{v_{10}} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}463\, s$$

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

inciso		**puntaje**
a) y b)	Tabla con los resultados	9,00
c)	N_T	2,00
d)	Gráfico	4,00
e)	Análisis del gráfico	1,00
f)	Gráfico log-log	2,00
g)	Análisis del gráfico log-log	1,00
h)	Explicación cualitativa de los resultados y observaciones realizadas.	1,00

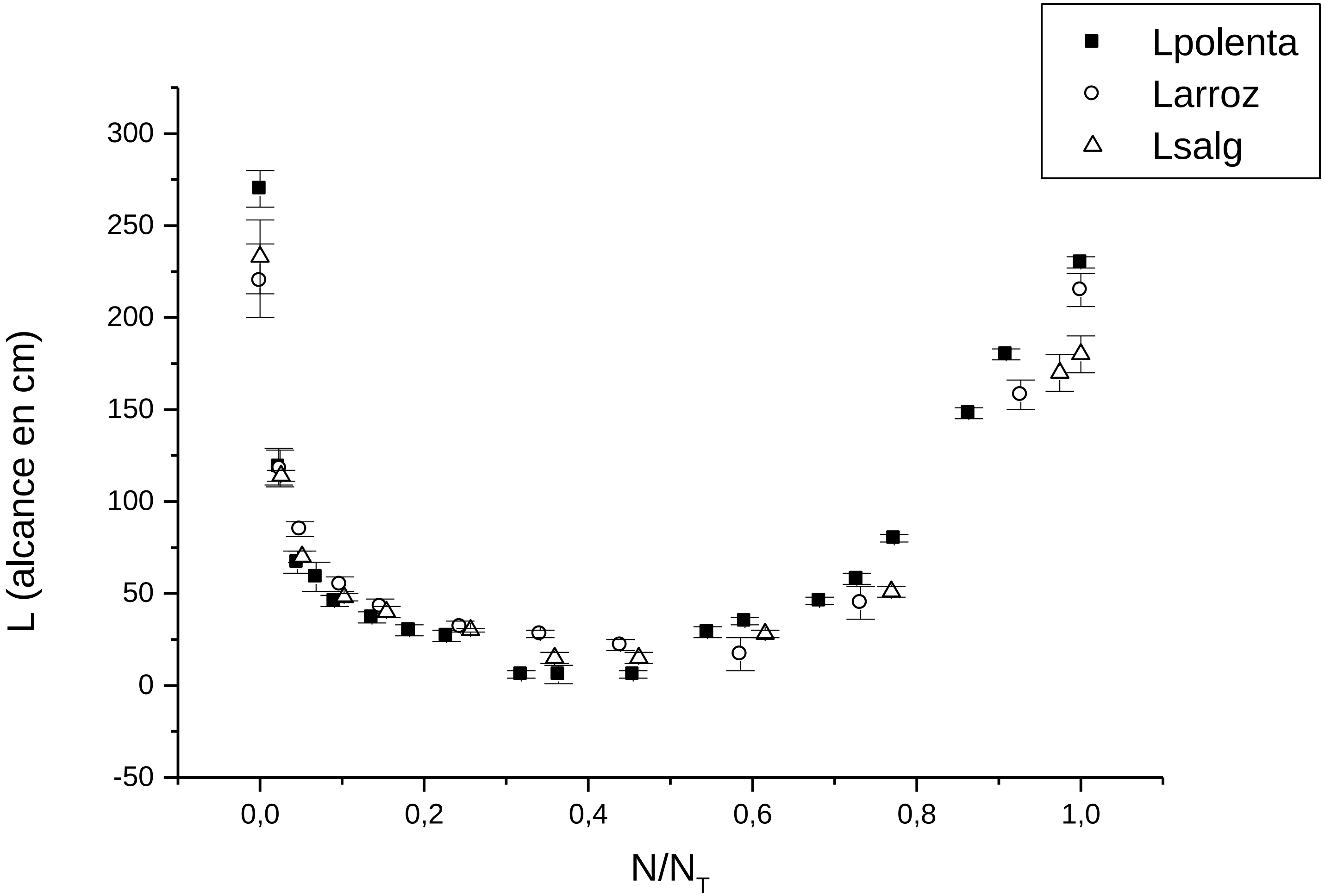
a) y b) Tablas.

En los experimentos se usó Polenta, Arroz y Sal gruesa.

N Poleta (tapas)	L Polenta (cm)	N Arroz (tapas)	L Arroz (cm)	N Sal Gruesa (tapas)	L Sal gruesa (cm)
0	270±10	0	220±20	0	233±20
1	119±10	1	120±10	1	114±3
2	67±6	2	85±4	2	70±3
3	59±8	4	55±4	4	48±2
4	46±3	6	43±4	6	40±3
6	37±3	10	32±3	10	30±1
8	30±3	14	28±2	14	15±3
10	27±3	18	22±3	18	15±3
14	6±2	24	17±9	24	28±2
16	6±5	30	45±9	30	51±3
20	6±2	38	158±8	38	170±10
24	29±3	41	215±9	39	180±10
26	35±2				
30	46±2				
32	58±3				
34	80±2				
38	148±3				
40	180±3				
44	230±3				

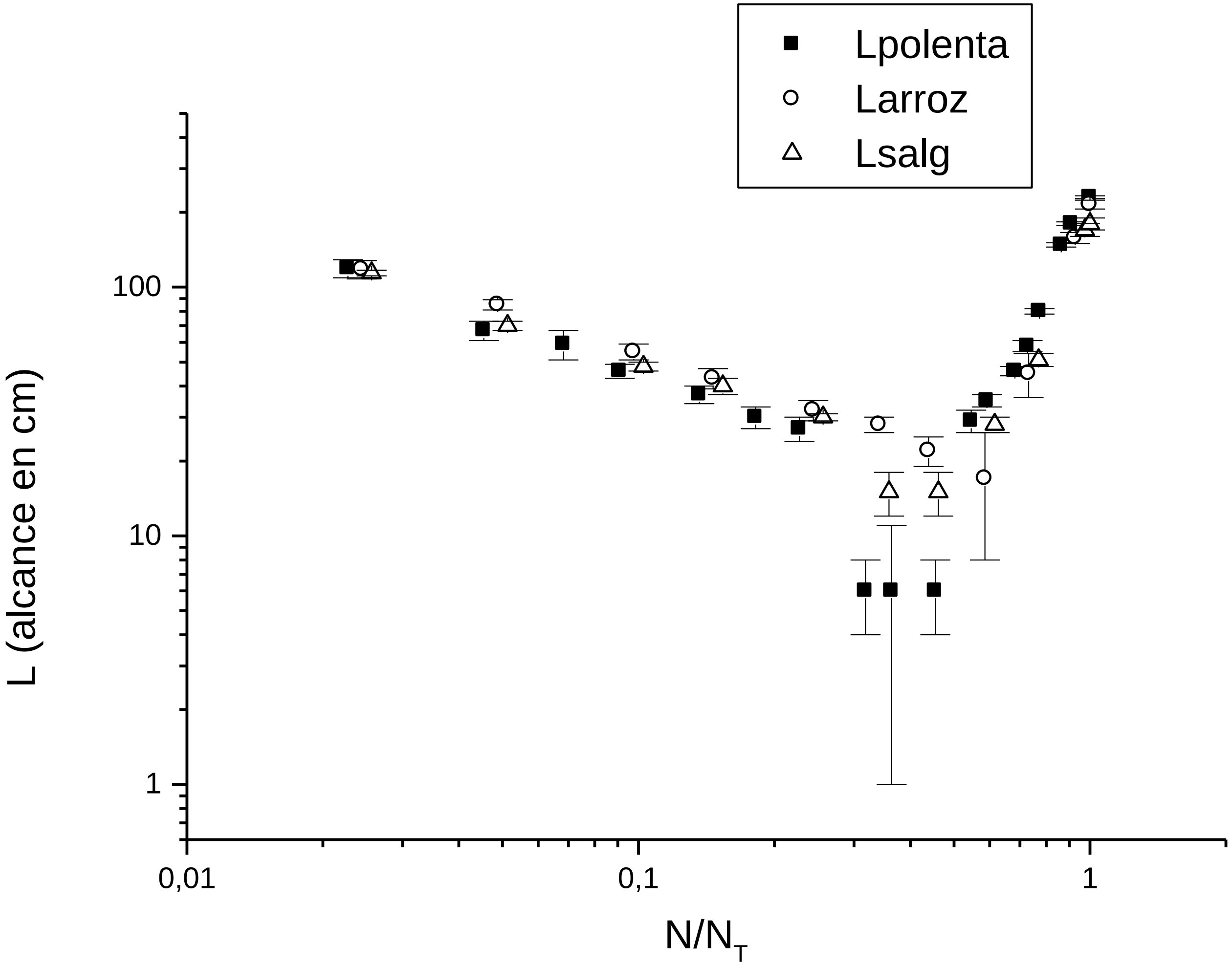
Numero de tapas necesarias para completar el frasco (N_T).

	N_T
Polenta	44
Arroz	41
Sal gruesa	39



Comentarios

En el gráfico se observa que independientemente de la sustancia usada los puntos se superponen, formando una curva que alcanza un valor mínimo en las proximidades de $N/N_T = 0,5$. Además la variación (pendientes) de la función antes de 0,5 es más rápida que después de 0,5



Comentarios

En el gráfico anterior, se observa que independientemente de la sustancia usada los comportamientos, antes y después de N/N_T= 0,5, corresponden a funciones potenciales. Queda evidente, además, el cambio de signo y valor de las pendientes (exponentes).

Comentarios Finales.

Durante algunos de los experimentos se observó que había un movimiento relativo entre la sustancia granular y el frasco: en algunos casos la sustancia granular oscilaba dentro del frasco y, en otros, parecía “desmoronarse en pequeñas avalanchas". Estos experimentos fueron los asociados a alcances más cortos. Por otro lado, cuando el frasco tenía mucho material, se observó muy poco movimiento relativo entre la sustancia granular y el frasco.

Esto parece indicar que la disipación de energía cinética del frasco, con material granular, se debe a “roces internos” que se producen entre el material granular y el frasco y, también, entre los granos de la sustancia granular.