Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba: Mecánica
Parte Teórica

Nombre: .....

D.N.I.: .....

Escuela: .....

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

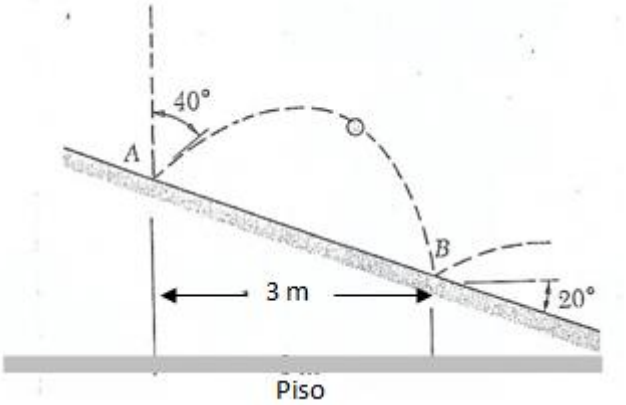
- Escriba su nombre y su número de D.N.I. en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.

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

- Escriba en un solo lado de las hojas.

Problema 1

Se deja caer verticalmente una pelota de 1 Kg sobre el punto A del plano inclinado como se indica en la Figura. La pelota rebota elásticamente formando un ángulo de 40º con la normal al piso. El próximo rebote tiene lugar en el punto B, ubicado a una distancia horizontal de 3 m respecto al punto A. En este segundo rebote la pelota mantiene la componente de su velocidad paralela al plano inclinado, pero la componente de su velocidad normal al plano inclinado invierte su sentido, y su módulo disminuye a la mitad del que tenía en el momento de llegar al piso.



a) Calcule la velocidad con la cual rebota la pelota en el punto A.

b) Calcule la altura desde la cual se dejó caer la pelota.

c) Calcule el tiempo necesario para que la pelota se mueva de A a B.

d) Calcule la velocidad en el punto B antes del rebote (módulo y dirección respecto a la normal al piso).

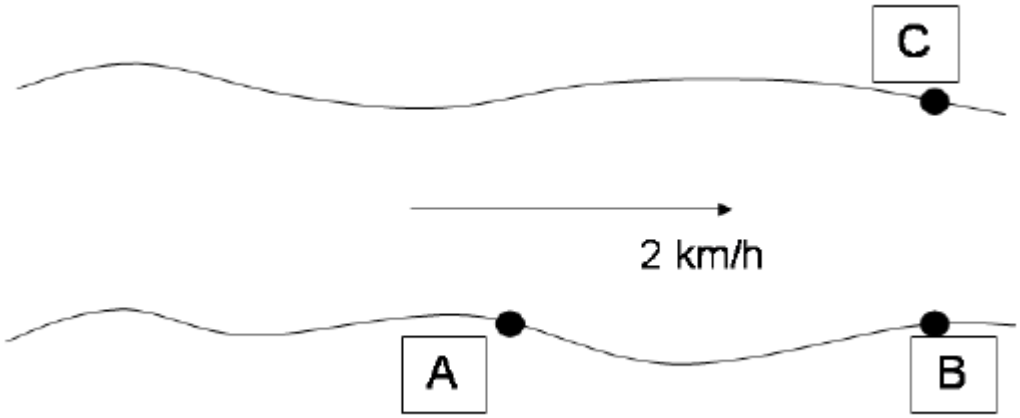
e) Calcule la velocidad en el punto B después del rebote (módulo y dirección respecto a la normal al piso).

f) Calcule la pérdida de energía en el rebote.

Problema 2

Un hombre tiene que trasladar mercaderías entre dos ciudades (B y C) ubicadas en las costas de un río, como muestra la Figura. Solo dispone de un bote a remo para realizar el itinerario que consiste en:

1. Primero, tiene que ir desde la ciudad A (donde vive) hasta la ciudad B (ubicada a 5 Km., y sobre la misma orilla que A), donde debe cargar la mercadería;
2. Luego, tiene que cruzar el río hasta la ciudad C, ubicada justo al frente de B, y allí desembarcar la mercadería;
3. Finalmente, tiene que retornar a su casa cruzando el río desde C hasta A.



Considere que:

- durante todo el tiempo que le llevó realizar el viaje, la corriente del río es de 2 km/h en dirección desde A hacia B;
- sin mercaderías, el bote viaja a 18 km/h respecto al río;
- cuando va cargado, la velocidad del bote respecto al río es de sólo 5 km/h.

a) ¿Cuál es el tiempo que tarda en ir desde A hasta B?

b) ¿Cuál es la dirección en que debe apuntar su bote para cruzar el río desde B hasta C en forma perpendicular al cauce del río?

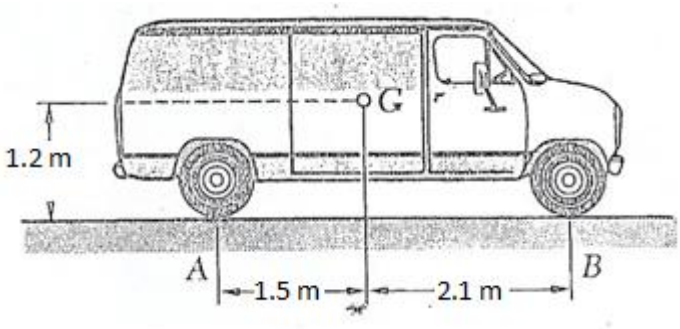
Sabiendo que el vector velocidad del bote respecto al río en el viaje desde C hasta A forma un ángulo de 10° con la orilla (la orilla en que está la ciudad C),

c) ¿cuál es el ancho del río?

d) ¿Cuánto tiempo tarda en recorrer todo el trayecto A → B → C → A?

Problema 3

Considere una camioneta de masa M = 2000 Kg con las características indicadas en la Figura, donde G indica el centro de masa de la camioneta. Cuando la velocidad del camión es de 30 m/s, se aplican súbitamente los frenos de manera que las ruedas dejan de rotar y el camión se detiene a los 60 m.



a) Calcule la aceleración de frenado del camión, suponiendo desaceleración constante.

b) Calcule el tiempo que tarda en frenar el camión.

c) Calcule el coeficiente de rozamiento.

d) Calcule la magnitud de la normal y de la fuerza de rozamiento en cada rueda delantera.

e) Calcule la magnitud de la normal y de la fuerza de rozamiento en cada rueda trasera.

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	v_A =	
b)	h =	
c)	t =	
d)	v_B = θ =	
e)	v_B' = θ' =	
f)	ΔE =	

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	t_{AB} =	
b)	θ =	
c)	Ancho del río: d =	
d)	T =	

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	a =	
b)	t =	
c)	μ =	
d)	Fuerza normal: N_B = Fuerza de roce: F_B =	
e)	Fuerza normal: N_A = Fuerza de roce: F_A =	

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba: Mecánica
Parte Experimental

Nombre: .....

D.N.I.: .....

Escuela: .....

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

- Escriba su nombre y su número de D.N.I. 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.

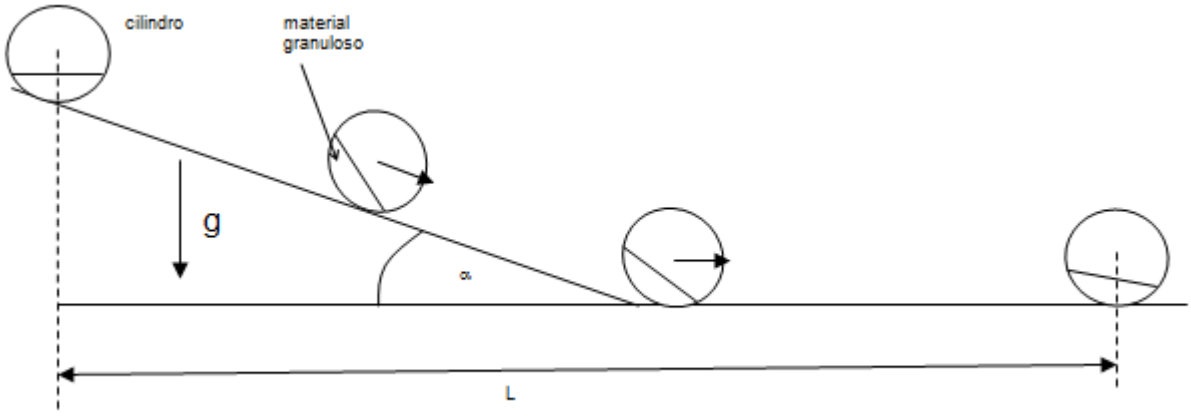


Figura 1

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

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	v_A = 4,782 m/s	1,50
b)	h = 1,167 m	1,00
c)	t = 0,976 s	1,00
d)	v_B = 6,654 m/s θ = 27,516°	2,50
e)	v_B' = 5,397 m/s θ' = 85,396°	2,50
f)	ΔE = -7,573 J	1,50

Para la solución se utilizó: $g = 9{,}8\ m/s^2$

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	t_{AB} = 1/4 h	2,50
b)	θ = 113,578°	2,50
c)	Ancho del río: d = 0,994 km	2,50
d)	T = 0,767 h	2,50

Para la solución se utilizó: $g = 9{,}8\ m/s^2$

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

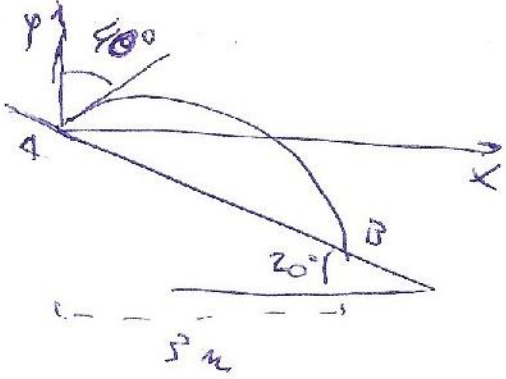
Inciso		Puntaje
a)	$a = 7{,}5\ m/s^2$	1,00
b)	$t = 4\ s$	1,00
c)	$\mu = 0{,}765$	1,00
d)	Fuerza normal: $N_B = 6583\ N$ Fuerza de roce: $F_B = 5038\ N$	3,50
e)	Fuerza normal: $N_A = 3217\ N$ Fuerza de roce: $F_A = 2462\ N$	3,50

Para la solución se utilizó: $g = 9{,}8\ m/s^2$

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

1



1

a

$$x(t) = v_0 \cdot \operatorname{sen}(40°)\, t$$

$$y(t) = v_0 \cos(40°)\, t - \frac{1}{2} g t^2$$

Para t_B

$$x(t_B) = 3\,m = v_0 \operatorname{sen}(40°)\, t_B$$

$$y(t_B) = -3\,m \cdot tg(20°) = v_0 \cos(40°)\, t_B - \frac{1}{2} g\, t_B^2$$

Despejando

$$t_B = \frac{3\,m}{v_0 \operatorname{sen}(40°)}$$

$$\cancel{v_0} \cos(40°) \cdot \frac{3\,m}{\cancel{v_0} \operatorname{sen}(40°)} - \frac{1}{2} g \frac{9\,m^2}{v_0^2 \operatorname{sen}^2(40°)} = -3\,m\, tg(20°)$$

$$v_0 = \sqrt{\left[\frac{3\,m \cos(40°)}{\operatorname{sen}(40°)} + 3\,m\, tg(20°)\right]^{-1} \cdot \frac{g}{2} \frac{9\,m^2}{\operatorname{sen}^2(40°)}}$$

a $\boxed{v_0 = 4{,}782\ m/s}$

c $\boxed{t_B = 0{,}976\ s}$

b $\cancel{m} g h = \frac{1}{2} \cancel{m} v_0^2 \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$

$$\boxed{h = 1{,}167\ m}$$

d

$$v_x(t) = v_0 \operatorname{sen}(40°)$$

$$v_y(t) = v_0 \cos(40°) - gt$$

$$\boxed{\begin{aligned} v_x(t_B) &= 3{,}074 \frac{m}{s} \\ v_y(t_B) &= -5{,}901 \frac{m}{s} \end{aligned}}$$

$$|v(t_B)| = \sqrt{v_x^2(t_B) + v_y^2(t_B)}$$

$$\boxed{|v(t_B)| = 6{,}654 \frac{m}{s}}$$

si calculamos por energía

$$\frac{1}{2} \cancel{m} v_0^2 = \frac{1}{2} \cancel{m} v_B^2 - \cancel{m} g\, 3m \cdot tg(20°)$$

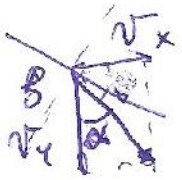
$$v_B^2 = v_0^2 + 6m \cdot g \cdot tg(20°)$$

$$v_B = \sqrt{v_0^2 + 6m \cdot g \cdot tg(20°)}$$

$$\boxed{v_B = 6{,}654 m/s}$$

El ángulo respecto a la normal al pozo (horizontal) es.

$$tg(\alpha) = \frac{v_x(t_B)}{v_y(t_B)}$$



$$\boxed{\begin{aligned} \alpha_h &= 0{,}48 \text{ rad} \\ \alpha_h &= 27{,}516° \end{aligned}}$$

(e) el ángulo respecto a la normal al plano inclinado

(3)

es $\alpha_p = \alpha_s + 20°$

$$\boxed{\alpha_p = 47{,}516°}$$

Las componentes paralelas y normales al plano inclinado de la velocidad son

$$v_{\parallel}^{B} = v_B \cdot \operatorname{sen}(\alpha_p) = 4{,}907 \frac{m}{s}$$

$$v_{\perp}^{B} = -v_B \cos(\alpha_p) = -4{,}494 \frac{m}{s}$$

Después del choque

$$v_{\parallel}^{B'} = v_{\parallel}^{B} = 4{,}907 \frac{m}{s} \qquad v_{\perp}^{B'} = \frac{-v_{\perp}^{B}}{2} = 2{,}247 \frac{m}{s}$$

El módulo de la velocidad será

$$v_B' = \sqrt{v_{\parallel}^{B'2} + v_{\perp}^{B'2}}$$

$$\boxed{v_B' = 5{,}397 \frac{m}{s}}$$

El ángulo respecto a la normal al plano inclinado es

$$tg(\beta) = \frac{v_{\parallel}^{B'}}{v_{\perp}^{B'}} \Rightarrow \beta = 1{,}441 \text{ rad}$$

$$\beta = 65{,}396°$$

respecto a la normal al suelo

$$\boxed{\begin{aligned} \beta_s &= \beta + 20° \\ \beta_s &= 85{,}396° \end{aligned}}$$

f

4

$m = 1kg$

$E_i = \frac{1}{2} m v_B^2$

$E_f = \frac{1}{2} m v_B'$

$\Delta E = E_f - E_i$

$E_i = 22,135 J$

$E_f = 14,563 J$

$\boxed{\Delta E = -7,573 J}$

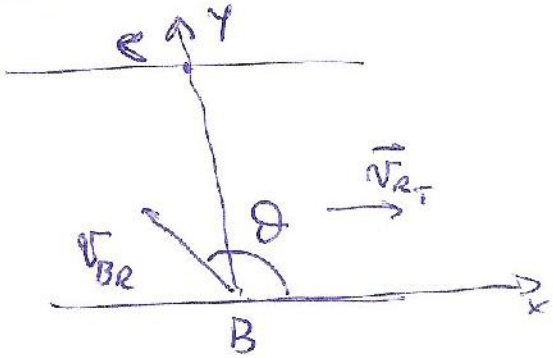
2 a $d_{AB} = 5\,km$.

$$v_{BT}^{AB} = 18\,\frac{km}{h} + 2\,\frac{km}{h} = 20\,\frac{km}{h}$$

$$t_{AB} = \frac{5\,km}{20\,km/h} = \frac{1}{4}\,h$$

$$\boxed{t_{AB} = \frac{1}{4}\,h}$$

b



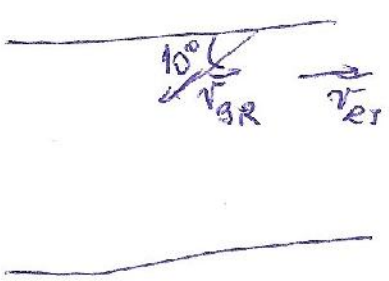
$$v_x^{BC} = 2\,\frac{km}{h} + 5\,\frac{km}{h}\cdot\cos(\theta) = 0$$

$$v_y^{BC} = 5\,\frac{km}{h}\,\mathrm{sen}(\theta)$$

$$\cos(\theta) = -\frac{2\,km/h}{5\,\frac{km}{h}} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}\theta = 1{,}982\,rad \\ \theta = 113{,}578^\circ\end{array}}$$

$$\boxed{v_y^{BC} = 4{,}583\,\frac{km}{h}}$$

c



$$v_{BT}^{x} = -v_{BR}\cdot\cos(10^\circ) + 2\,\frac{km}{h}$$

$$v_{BT}^{y} = -v_{BR}\,\mathrm{sen}(10^\circ)$$

(6)

$$v_{BT}^{x} = -18\frac{km}{h}\cos(10^\circ) + 2\frac{km}{h} = -15{,}727\ \frac{km}{h}$$

$$v_{BT}^{y} = -18\frac{km}{h}\cdot \operatorname{sen}(10^\circ) = -3{,}126\ \frac{km}{h}$$

El tiempo que demora en recorrer una distancia horizontal de 5 km es

$$t' = \frac{5\,km}{|v_{BT}^{x}|}$$

$$t' = \frac{5\,km}{15{,}727\,\frac{km}{h}} = 0{,}318\,h$$

En este tiempo la distancia vertical que recorre es

$$d^{BC} = |v_{BT}^{y}|\cdot t'$$

$$= 3{,}126\ \frac{km}{h}\cdot 0{,}318\,h$$

$$\boxed{d^{BC} = 0{,}994\,km}$$

(d) $t_{AB} = \frac{1}{4}h$ $\quad t_{BC} = \frac{d^{BC}}{5\frac{km}{h}} = 0{,}199\,h$

$$t_{CA} = t' = 0{,}318\,h$$

$$t = t_{AB} + t_{BC} + t_{CA}$$

$$t = 0{,}767\,h = 46{,}02\,min$$

3

7

a

$x(t) = 30\frac{m}{s}t - \frac{a}{2}t^2 \qquad v(t) = 30\frac{m}{s} - at$

$x(t_f) = 30\frac{m}{s}t_f - \frac{a}{2}t_f^2 = 60\,m$

$v(t_f) = 30\frac{m}{s} - at_f = 0\frac{m}{s}$

$a = \frac{30\,m/s}{t_f}$

$30\frac{m}{s}t_f - \frac{1}{2}\frac{30\frac{m}{s}}{\cancel{t_f}}\cdot t_f^{\cancel{2}} = 60\,m$

$15\frac{m}{s}t_f = 60\,m$

b

$\boxed{t_f = 4\,s}$

$\boxed{a = 7{,}5\frac{m}{s^2}}$

c

$F_r = \mu N = ma \qquad N = mg$

$\mu \cancel{m} g = \cancel{m} a \Rightarrow \mu = \frac{a}{g}$

$\boxed{\mu = 0{,}765}$

d

$P.d + \mu N_D 1{,}2\,m + \mu N_T 1{,}2\,m - N_D(d + 2{,}5\,m) - N_T(d - 1{,}5\,m) = 0$

$N_D + N_T = N$

$$N_D + N_T = N$$

$$Pd + \mu \cdot 1{,}2m \overbrace{(N_D + N_T)}^{N} - N_D d - N_D 2{,}1m - N_T d + N_T 1{,}5m = 0$$

$$\cancel{Pd} + \mu\, 1{,}2m\, N - \cancel{(N_D + N_T) \cdot d} - N_D 2{,}1m + N_T 1{,}5m = 0$$

$$\mu \cdot 1{,}2m\, N - N_D\, 2{,}1m + N_T\, 1{,}5m = 0$$

$$N_T = N - N_D$$

$$\mu \cdot 1{,}2m\, N - N_D\, 2{,}1m + 1{,}5m \cdot N - 1{,}5m\, N_D = 0$$

$$N_D \cdot 3{,}6m = N \cdot (1{,}5m + \mu \cdot 1{,}2m)$$

$$N_D = \frac{N(1{,}5m + \mu\, 1{,}2m)}{3{,}6m} = 13.170\ N$$

$$N_T = 6{,}433\ N$$

En las ruedas delanteras

$$N_D^c = \frac{N_D}{2} = 6\,583\ N$$

$$F_{r_D}^c = \mu N_D^c = 5038\ N$$

En cada rueda trasera

$$N_T^c = \frac{N_T}{2} = 3217\ N$$

$$F_{r_T}^c = \mu N_T^c = 2462\ N$$

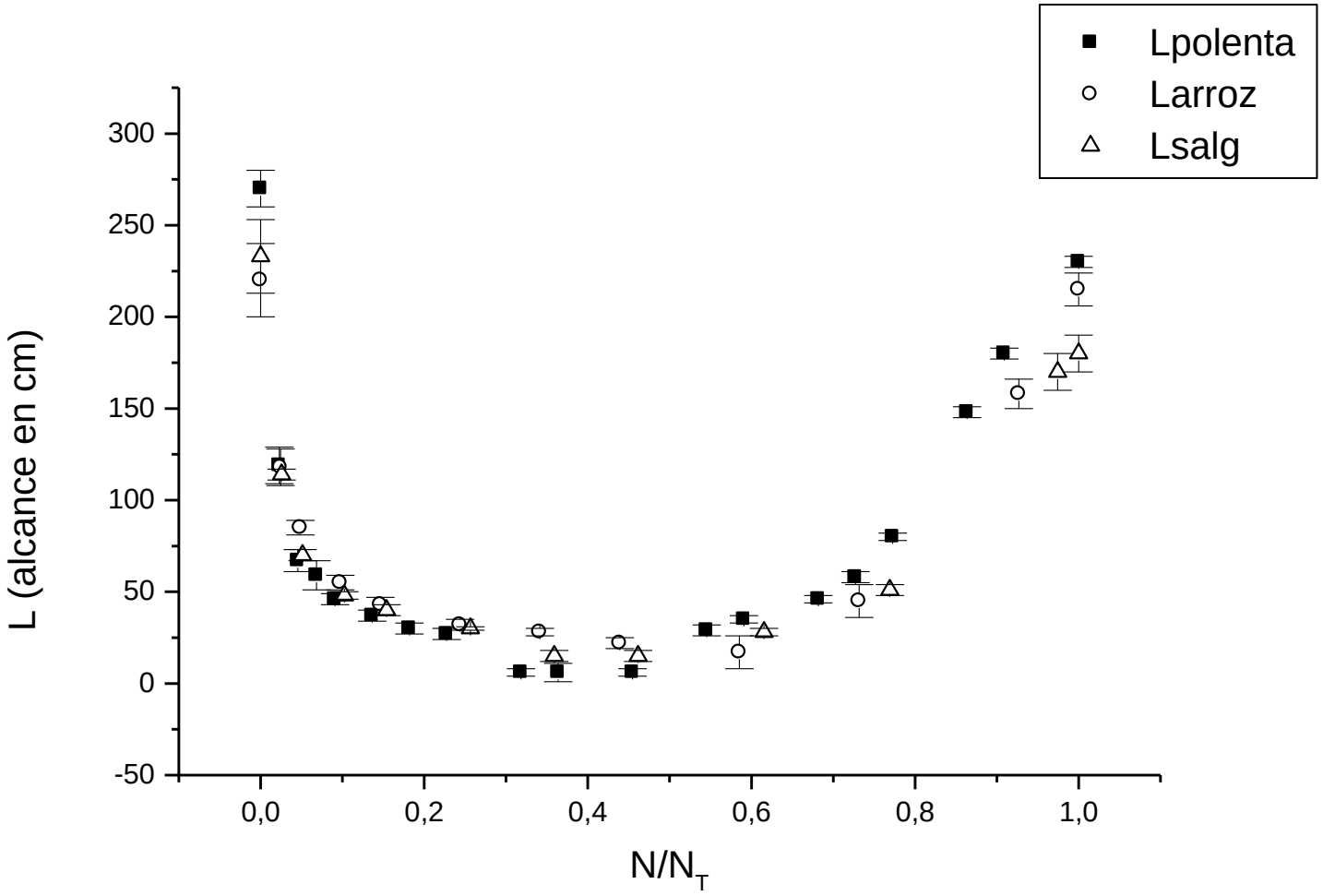
a) y b) Tablas.

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				

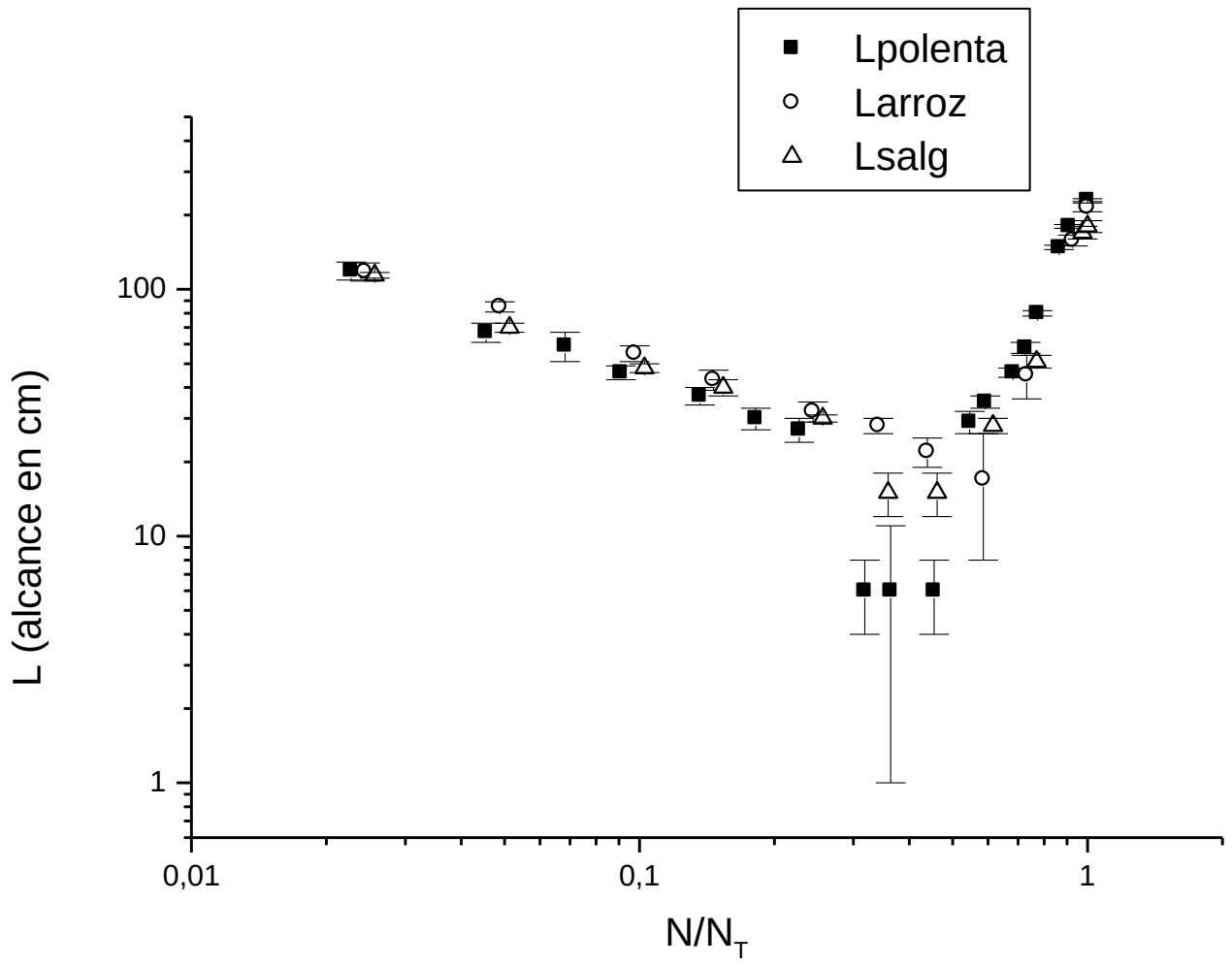
Numero de tapas necesarias para completar el frasco (N_T).

	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.