

Manual de Instrucciones y Guía de Experimentos

PLANO INCLINADO

OBSERVACIÓN SOBRE LOS DERECHOS AUTORALES

Este manual está protegido por las leyes de derechos autorales y todos los derechos están reservados. Está permitida y garantizada para instituciones de enseñanza, no obstante, la reproducción de cualquier parte de este manual para que se la suministre y utilice en los laboratorios pero no para su venta. Su reproducción bajo cualquier otra circunstancia, sin la debida autorización de la AZEHEB está terminantemente prohibida.

GARANTÍA

La AZEHEB garantiza este producto contra defectos de fabricación por un periodo de 3 años a partir de la fecha de envío al cliente. La AZEHEB reparará o cambiará el producto defectuoso si se constata que el defecto fue ocasionado por problemas en los materiales que lo componen o por fallas en su fabricación.

Esta garantía no cubre problemas ocasionados por abuso o debidos al uso incorrecto del producto.

La determinación de si el defecto del producto es resultado de una falla de fabricación o si fue ocasionado por uso indebido será llevada a cabo únicamente por la AZEHEB.

Dirección:

AZEHEB | Laboratórios de Física
R Arthur Bernardes, 137 - 2º andar
CEP 36300-076
São João Del Rey - MG - Brasil

Teléfono: +55 32 3371-3191
E-mail: exportacion@azeheb.com



COMPONENTES



1	Fijador metálico con tornillo de ajuste	01 un
2	Varilla de 405mm	01 un
3	Dinamómetro de 2N	01 un
4	Dinamómetro de 5N	01 un
5	Rampa con regla de 400mm	01 un
6	Fijador metálico con varilla	01 un
7	Masa aferida de 50g	02 un
8	Carrito	01 un
9	Bloque de madera con base de caucho con gancho	01 un
10	Bloque de madera con gancho	01 un
11	Cronómetro digital manual	01 un
12	Placa de PVC blanca con orificio	01 un
13	Tornillo de ajuste con cabeza de plástico y tuerca mariposa	01 un
14	Rampa auxiliar	01 un
15	Base de trípode con tornillo de ajuste	01 un
16	Transportador de 90° con flecha indicadora	01 un
17	Rodillo para movimiento rectilíneo	01 un

INSTRUCCIONES BÁSICAS

DINAMOMETRO TUBULAR

El dinamómetro es un instrumento de medición y sirve para medir la intensidad de una fuerza, teniendo como principio de funcionamiento la Ley de Hooke. La deformación ΔX del resorte es directamente proporcional a la acción de la fuerza F que la produjo.

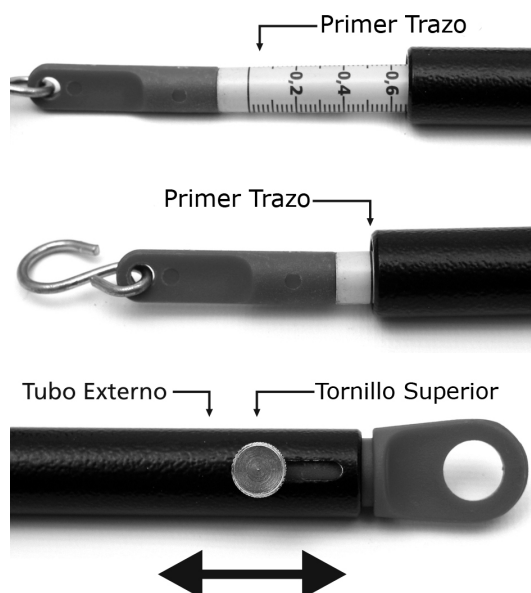


El dinamómetro tubular está constituido por un tubo exterior que sirve para ajustar el cero, una parte superior de donde se cuelga el dinamómetro y un émbolo interno donde tenemos un resorte con una escala, como se muestra en la imagen que está a continuación.

Ajustes

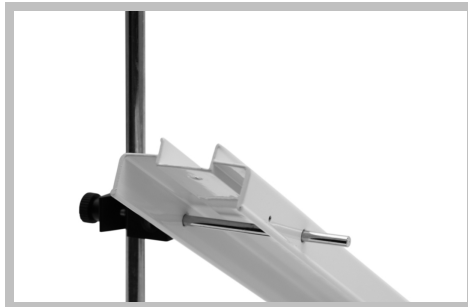
Para utilizar el dinamómetro tubular debemos ajustarlo en posición de trabajo (vertical, horizontal o inclinado).

- Para ajustar el dinamómetro debemos soltar el tornillo superior y mover el tubo externo hacia arriba o hacia abajo hasta que el primer trazo de la escala coincida con la extremidad inferior del tubo externo.



- El dinamómetro de **1N** de capacidad máxima posee una escala con 100 divisiones para 1N, luego, cada división corresponde a **0,01N**.
- El dinamómetro de **2N** de capacidad máxima posee una escala con 100 divisiones para 2N, luego, cada división corresponde a **0,02N**.
- El dinamómetro de **5N** de capacidad máxima posee una escala con 100 divisiones para 5N, luego, cada división corresponde a **0,05N**.
- El dinamómetro de **10N** de capacidad máxima posee una escala con 100 divisiones para 10N, luego, cada división corresponde a **0,1N**.

MONTAJES BÁSICOS



CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICOS

La representación gráfica en papel milimetrado debe tomar en cuenta el tamaño del papel. Aquí vamos a representar los gráficos en un espacio útil de 8cm para la vertical (**y**) y 8cm para la horizontal (**x**). Para distribuir los valores en los ejes, debemos calcular las escalas.

Cálculo de la Escala

Para calcular la escala debemos utilizar la siguiente expresión:

$$E = T / G$$

E: Escala.

T: Tamaño del papel disponible.

G: Mayor valor de la grandeza.

Determinación de la Posición en el Papel

La posición de un valor de la tabla en el papel puede determinarse por la expresión:

$$P = E \cdot V$$

P: Posición del punto en cm, contando a partir del origen del eje.

E: Escala.

V: Valor de la grandeza encontrado en la tabla.

Representación Gráfica

El gráfico debe hacerse con lápiz de punta blanda y afilado. La tabla debe representarse en la propia hoja del gráfico que también debe contener las escalas, el coeficiente angular, el coeficiente lineal y la ecuación que representa la relación entre las grandezas. Ejemplo:

x(m)	t(s)
0,00	0,00
0,20	0,50
0,40	1,02
0,60	1,49
0,80	1,98
0,90	2,25

Construir el gráfico del desplazamiento en función del intervalo de tiempo $x = f(t)$

1. Calcule las escalas.
Escala Horizontal: $E(t) = 8\text{cm} / 2,25\text{s} = 3,56\text{cm/s}$
Escala Vertical: $E(x) = 6\text{cm} / 0,90\text{m} = 6,67\text{cm/m}$
2. Trace el par cartesiano, eje vertical 6cm y eje horizontal 8cm.
3. Determine la posición en el papel para cada coordenada.

Horizontal

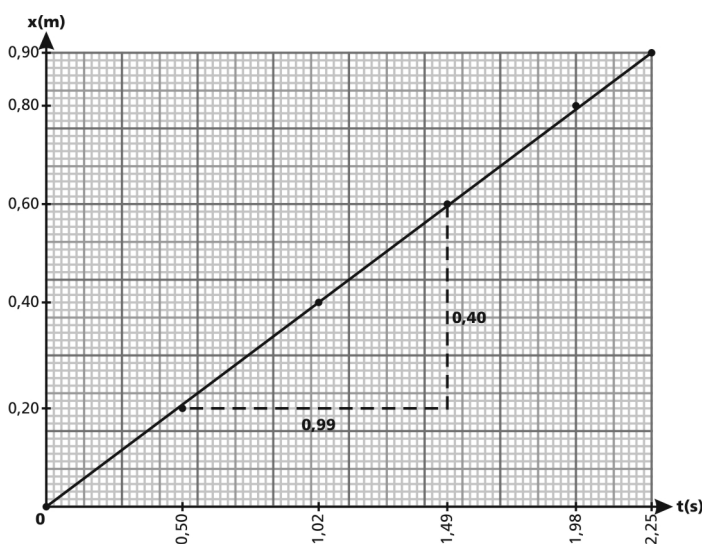
$3,56 \cdot 0,00 = 0,0\text{cm}$
 $3,56 \cdot 0,50 = 1,8\text{cm}$
 $3,56 \cdot 1,02 = 3,6\text{cm}$
 $3,56 \cdot 1,49 = 5,3\text{cm}$
 $3,56 \cdot 1,98 = 7,0\text{cm}$
 $3,56 \cdot 2,25 = 8,0\text{cm}$

Vertical

$6,67 \cdot 0,00 = 0,0\text{cm}$
 $6,67 \cdot 0,20 = 1,3\text{cm}$
 $6,67 \cdot 0,40 = 2,7\text{cm}$
 $6,67 \cdot 0,60 = 4,0\text{cm}$
 $6,67 \cdot 0,80 = 5,3\text{cm}$
 $6,67 \cdot 0,90 = 6,0\text{cm}$

4. Calcule el coeficiente angular.
 $A = \tan \alpha$
 $= \Delta x / \Delta t$
 $= (0,60 - 0,20) / (1,49 - 0,5)$
 $= 0,40 / 0,99 = 0,40\text{m/s}$
5. ¿Cuál es el significado físico del coeficiente angular del gráfico? (Distancia / Tiempo / Velocidad / Aceleración)
R: Velocidad
6. Calcule el coeficiente lineal.
B = 0

Gráfico



$$E(t) = 3,55\text{cm/s}$$

$$E(x) = 8,88\text{cm/m}$$

$$A = 0,40\text{m/s}$$

$$B = 0$$

Ecuación

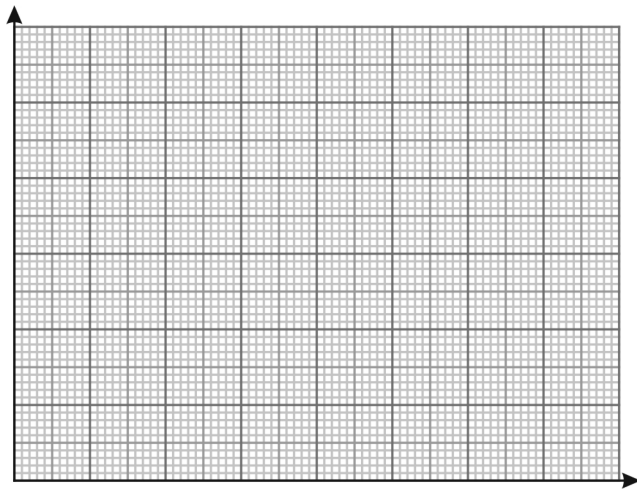
$$Y = \Delta X + B$$

$$X = 0,4.t$$

Actividades

Obs.: Será necesario trazar los gráficos que siguen.

1. Construya el gráfico $x = f(t)$ de la siguiente tabla:

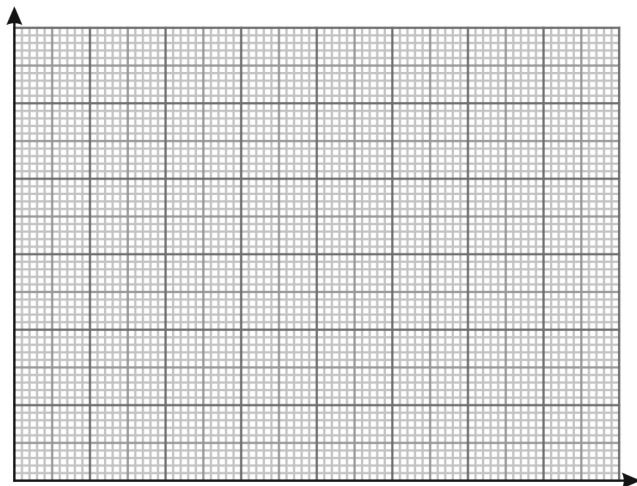


$x(m)$	$t(s)$
3,0	1,0
12,0	2,0
27,0	3,0
48,0	4,0
75,0	5,0

$$E(x) =$$

$$E(t) =$$

2. Trace el gráfico anterior.



$$E(x) =$$

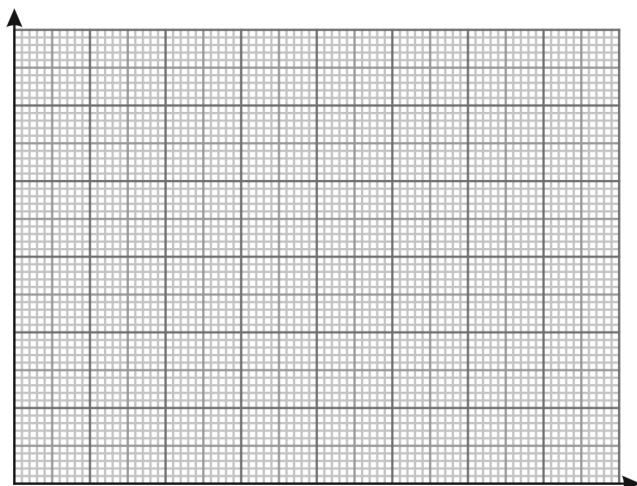
$$E(t^2) =$$

$$A =$$

$$B =$$

Ecuación:

3. Construya el gráfico $P = f(V)$ de la siguiente tabla.

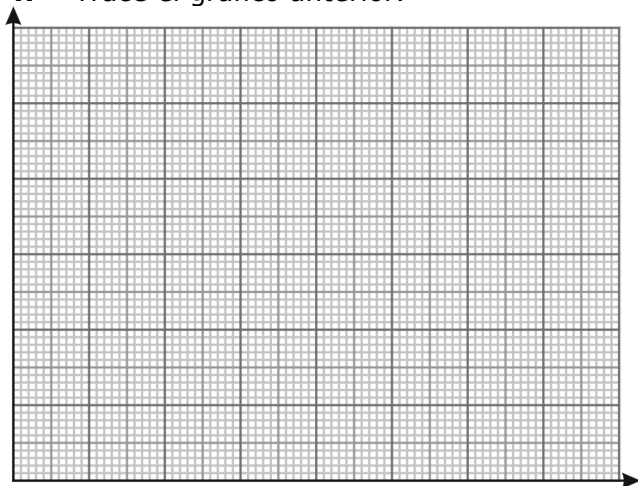


$P(atm)$	$V(m^3)$
20,00	1,00
10,00	2,00
5,00	4,00
2,50	8,00
1,25	16,00

$$E(P) =$$

$$E(V) =$$

4. Trace el gráfico anterior.



$E(P) =$
 $E(1/V) =$

$A =$
 $B =$

Ecuación:

LEYES DE LA FRICCIÓN

Material Necesario

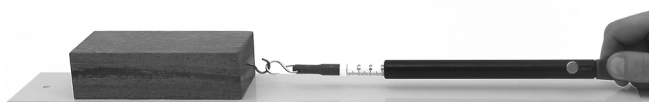
- **01** dinamómetro de 2N
- **01** dinamómetro de 5N
- **01** bloque de madera con gancho
- **01** bloque de madera con base de caucho con gancho
- **01** placa de PVC blanca con orificio

FUERZA DE FRICCIÓN ESTÁTICA (F_{ae}) | EXPERIMENTO 1

Procedimientos

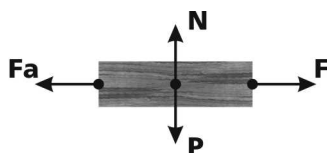
1. Ajuste la escala del dinamómetro de **2N** para llevar a cabo mediciones horizontales.

2. Enganche el dinamómetro (**2N**) al bloque de madera y con la superficie grande de madera hacia abajo, como se muestra en la figura. Todos los experimentos se harán sobre la placa de PVC.



3. Mantenga el dinamómetro paralelo a la superficie de la mesa, tire lentamente de él y haga la lectura de la fuerza aplicada sobre el bloque de madera. Complete la tabla.

4. En la siguiente figura represente las fuerzas aplicadas sobre el bloque de madera.



Fuerza aplicada **F**
Fuerza de fricción **Fa**
Peso **P**
Fuerza normal de reacción **N**

5. Inicialmente, aplique una fuerza de **0,2N**.
6. ¿El bloque de madera se movió al aplicar a fuerza de **0,2N**? ¿Cuál es la fuerza de fricción **Fa**?

7. Aumente **0,2N** a la intensidad de la fuerza **0,2N** y complete la tabla.

F(N)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Fa								

8. Cuando se aumenta gradualmente la fuerza aplicada, se puede notar que el bloque empieza a moverse, ¿cuál fue el menor valor aproximado de la fuerza aplicada que dió inicio al movimiento del bloque de madera?

9. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática **Fae**?

Fae = _____ **N**

10. Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera

P = _____ **N**

11. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?

N = _____ **N**

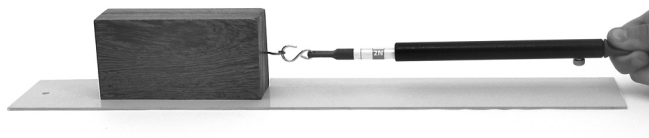
12. Calcule el coeficiente de fricción estática.

F_{ae}/N = **μ_e** =

COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA Y EL ÁREA DE LA SUPERFICIE DE CONTACTO | EXPERIMENTO 2

Procedimientos

1. Enganche el dinamómetro (**2N**) al bloque de madera y con la superficie menor de madera hacia abajo como se muestra en la figura. Todos los experimentos se llevarán a cabo sobre la placa de PVC.



2. Mantenga el dinamómetro paralelo a la superficie de la mesa, tire lentamente de él y haga la lectura de la fuerza aplicada sobre el bloque de madera. Complete la tabla.
3. Aplique inicialmente una fuerza de **0,2N**.
4. ¿El bloque de madera se movió al aplicar la fuerza de **0,2N**?

5. Aumente **0,2N** a la intensidad de la fuerza **0,2N** y complete la tabla.

F(N)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Fa								

6. Cuando se aumenta gradualmente la fuerza aplicada, se nota que el bloque empieza a moverse, ¿cuál fue el menor valor aproximado de la fuerza aplicada que dió inicio al movimiento del bloque de madera?

7. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática **Fae**?
Fae = _____ **N**

8. Cuando se reduce el área de la superficie de contacto, ¿qué sucede con la fuerza de fricción estática?

9. Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera.
P = _____ **N**

10. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
N = _____ **N**

11. Calcule el coeficiente de fricción estática.
Fae/N = μ_e =

12. Al considerar el margen de error admitido (**5%**) se puede afirmar que los valores de los coeficientes de los experimentos **1** y **2** son iguales o diferentes?

Procedimientos

-

- ### Esperimento 3: $\mu_e =$

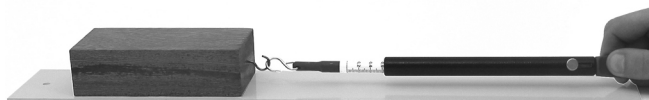
RELACIÓN ENTRE LA FUERZA DE FRICCIÓN ESTÁTICA (F_{ae}) Y LA NATURALEZA DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO | EXPERIMENTO 4

Procedimientos

1. Anote el valor de la fuerza de fricción estática encontrada en el **Experimento 1**.

F_{ae} = _____ **N**

2. Coloque un bloque de madera con la superficie grande de caucho hacia abajo y sujete el dinamómetro de **5N**.



3. Mantenga el dinamómetro paralelo a la superficie de la mesa, tire lentamente de él y haga la lectura de la fuerza aplicada sobre el bloque de madera en el instante en que este empieza a moverse.

4. Anote el valor de la fuerza de fricción estática.

F_{ae} = _____ **N**

5. ¿Qué sucede con la fuerza de fricción estática cuando se altera la naturaleza de la superficie de contacto?

6. La fuerza de fricción estática _____ (depende / no depende) de la naturaleza de la superficie de contacto.

7. Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera

P = _____ **N**

8. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?

N = _____ **N**

9. Calcule el coeficiente de fricción estática.

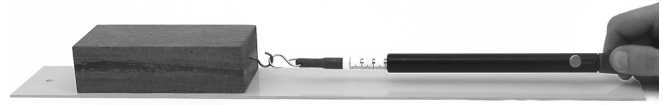
$F_{ae}/N = \mu_e$ = _____

10. El coeficiente de fricción estática _____ (depende / no depende) de la naturaleza de la superficie de contacto.

FUERZA DE FRICCIÓN CINÉTICA (F_{ac}) | EXPERIMENTO 5

Procedimientos

1. Enganche el dinamómetro de **2N** al bloque de madera y deje la superficie grande de madera volteada hacia abajo y sobre la placa de PVC.



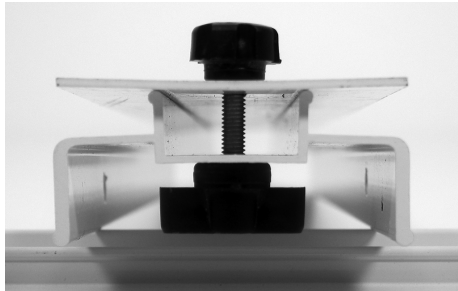
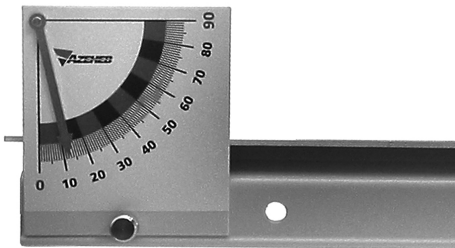
2. Mantenga el dinamómetro paralelo a la superficie de la mesa, tire lentamente de él y haga la lectura de la fuerza aplicada que mantiene el bloque de madera en MRU. Manténgalo en movimiento uniforme por aproximadamente **20cm**.
3. Anote el valor de la fuerza de fricción cinética.
 F_{ac} = _____ N
4. Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera.
 P = _____ N
5. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
 N = _____ N
6. Calcule el coeficiente de fricción cinético.
 $\mu_c = F_{ac}/N$
 μ_c = _____
7. Al comparar el coeficiente de fricción estática con el coeficiente de fricción cinética, ¿a qué conclusión se llega?

ÁNGULO CRÍTICO | EXPERIMENTO 6

Material Necesario

- **01** dinamómetro de 5N
- **01** bloque de madera con gancho
- **01** placa de PVC blanca con orificio
- **01** rampa con regla de 400mm
- **01** tornillo de ajuste con cabeza de plástico y tuerca mariposa
- **01** tornillo de ajuste de latón
- **01** transportador de 90° con flecha indicadora

Procedimientos

1. Determine el peso del bloque de madera.
 $P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$
2. Fije la placa de PVC en la rampa.
3. Fije el transportador con el tornillo de ajuste como se muestra en la figura.
4. Deje la rampa en posición horizontal y coloque un bloque de madera sobre la placa de PVC, con la superficie grande de madera hacia abajo.
5. Levante lentamente la rampa del plano inclinado y observe la medida del ángulo en el momento en que el bloque de madera empieza a moverse.
6. Represente, en la imagen anterior, las fuerzas que están actuando sobre el bloque de madera.
7. Anote la medida del ángulo crítico.
 $\alpha_1 = \underline{\hspace{2cm}}$
8. Repita el procedimiento por lo menos tres veces y encuentre un ángulo medio.
 $\alpha_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $\alpha_3 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $\alpha_m = \underline{\hspace{2cm}}$
9. Al comparar la tangente del ángulo crítico con el coeficiente de fricción del **Experimento 1**, considerando el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que los valores son iguales o diferentes?
 $\text{tg } \alpha_m = \underline{\hspace{2cm}}$
 $\mu_e = \underline{\hspace{2cm}}$
10. Repita el **Experimento 04**, pero esta vez hágalo con la superficie de caucho hacia abajo.

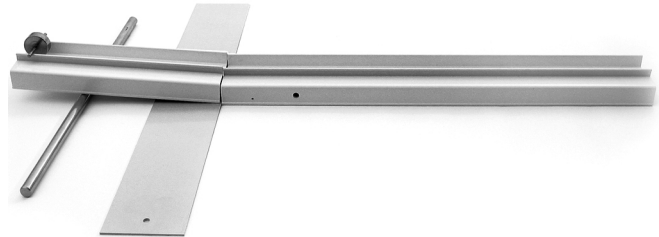
MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME | MRU

Material Necesario

- **01** rampa con regla de 400mm
- **01** rampa auxiliar
- **01** varilla de 405mm
- **01** rodillo para movimiento rectilíneo
- **01** placa de PVC con orificio
- **01** cronómetro digital manual

Procedimientos

1. Monte el equipo como se muestra en la siguiente figura: combine las dos rampas e incline levemente la rampa auxiliar con la ayuda de la varilla y cácela con la placa de PVC como se muestra en la figura.



2. Escoja una posición para soltar el rodillo y marque una posición inicial a aproximadamente 0,20m del cero de la regla.
3. Realice el experimento de MRU, manteniendo las posiciones finales a 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, 50cm, 55cm y 60cm y complete la tabla. Para cada posición final mida el intervalo de tiempo por lo menos tres veces y calcule el tiempo medio.
4. Calcule los desplazamientos.
5. Coloque el rodillo en la posición inicial a 0,20m (como se muestra en la figura anterior) y suéltelo. El móvil rodará por el plano inclinado con un movimiento acelerado, al final de la rampa auxiliar el móvil pasa a la rampa horizontal, al pasar por la posición 0,00m accionamos el cronómetro y al pasar por la posición 10cm lo paramos.

$X_0(m)$	$X(m)$	$\Delta X(m)$	$t_m(m)$	$V(m/s)$
0,20	0,30			
0,20	0,35			
0,20	0,40			
0,20	0,45			
0,20	0,50			
0,20	0,55			
0,20	0,60			
V_m				

6. Calcule la velocidad media para cada desplazamiento y anótela en la tabla.
7. Al considerar el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que la velocidad permaneció constante?

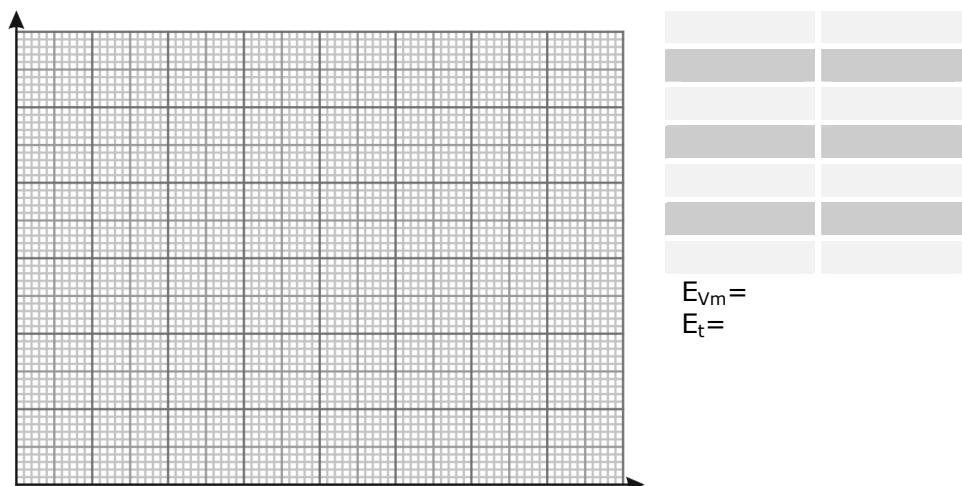
8. Construya un gráfico de posición final por intervalo de tiempo.

9. ¿Qué forma presenta que este gráfico?

10. Determine los coeficientes angular y lineal del gráfico $X = f(t)$.
coeficiente angular $A =$ _____
coeficiente lineal $B =$ _____
11. Al considerar el margen de error admitido (**5%**) y comparar el coeficiente lineal del gráfico $X = f(t)$ con el valor de la posición inicial, se llega a la conclusión de que son _____ (iguales / diferentes).
12. ¿Cuál es el significado del coeficiente lineal?

13. Al considerar el margen de error admitido (**5%**), y comparar el coeficiente angular del gráfico $X = f(t)$ con el valor de la velocidad media de la tabla, se llega a la conclusión de que son _____ (iguales / diferentes). ¿Cuál es el significado del coeficiente angular?

14. Obtenga la ecuación horaria del movimiento del carrito.
15. Construya el gráfico de $V_m = f(t)$. ¿Cuál es su forma?



- 16.** ¿Cuál es el significado físico de la área bajo el gráfico $\mathbf{Vm} = \mathbf{f(t)}$?
-
- 17.** Repita el experimento para una posición inicial igual a 10cm.

[illegible]

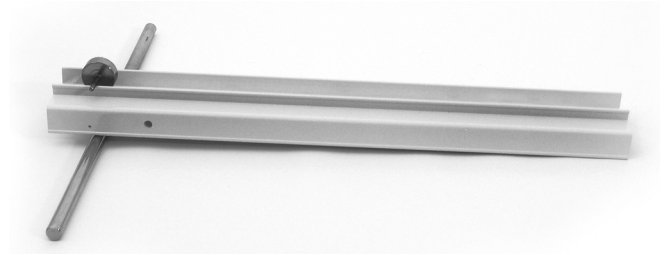
MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO | MRUV

Material Necesario

- 01 rampa del plano inclinado con regla de 40cm
- 01 rodillo para movimiento rectilíneo
- 01 varilla de 405mm
- 01 cronómetro digital manual

Procedimientos

1. Monte el equipo como se muestra en la figura.
2. Inclínele levemente la rampa (con ayuda de la varilla).
3. Marque la posición inicial $x_0=0,00m$



4. Realice el experimento de MRUV, manteniendo las posiciones finales a 0,10m, 0,15m, 0,20m, 0,25m, 0,30m, 0,35m, y 0,40m y complete la tabla. Para cada posición realice la medida del intervalo de tiempo por lo menos tres veces. Accione el cronómetro el instante en que se suelte el móvil y párelo en la posición final correspondiente.

$x_0(m)$	$\Delta X(m)$	$t_m(s)$	$t_m^2 (s^2)$	$a(m/s^2)$	$V(m/s)$
0,00					
0,00					
0,00					
0,00					
0,00					
0,00					
0,00					
media					

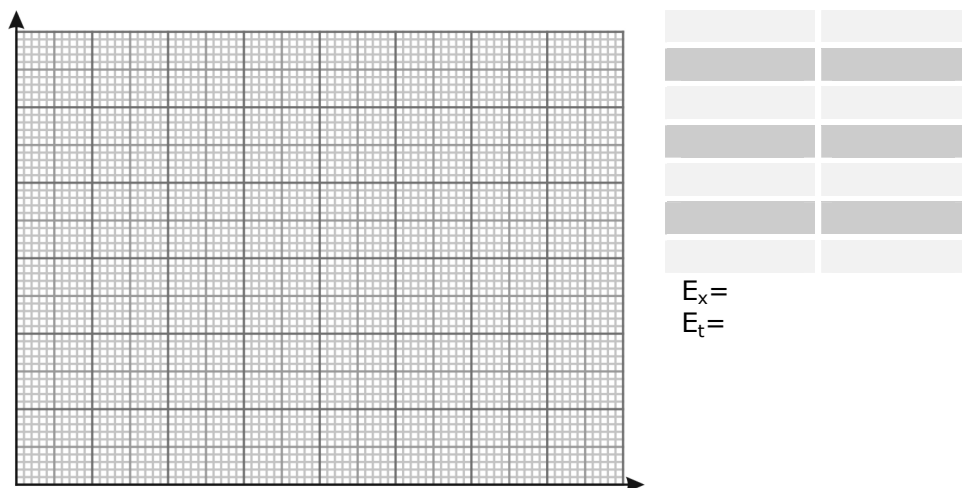
Formulas

$$a = 2x / t^2$$

$$V = a \cdot t$$

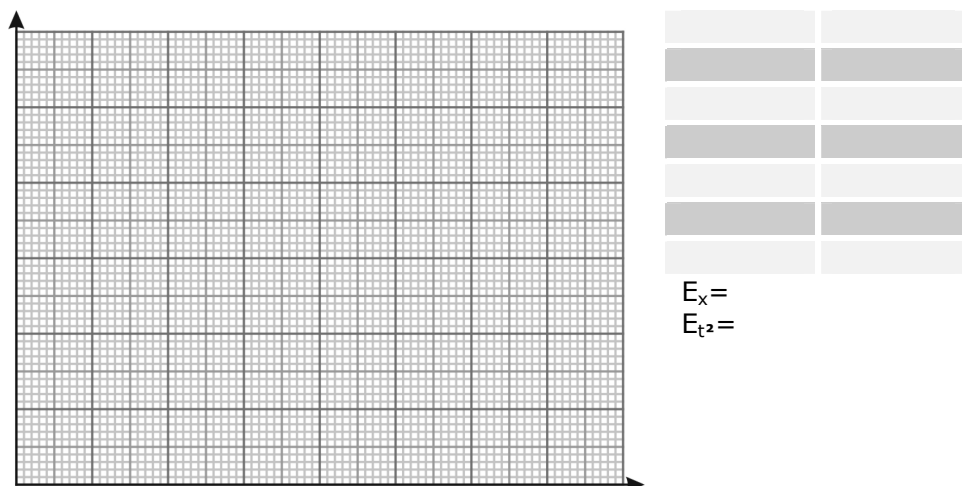
5. Determine los desplazamientos.
6. Calcule el tiempo medio de cada desplazamiento.
7. Calcule la aceleración de cada desplazamiento.
8. Calcule la velocidad de cada desplazamiento.
9. Al considerar el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que la aceleración permaneció constante?

10. Construya el gráfico de $x = f(t)$ y use los datos del experimento.



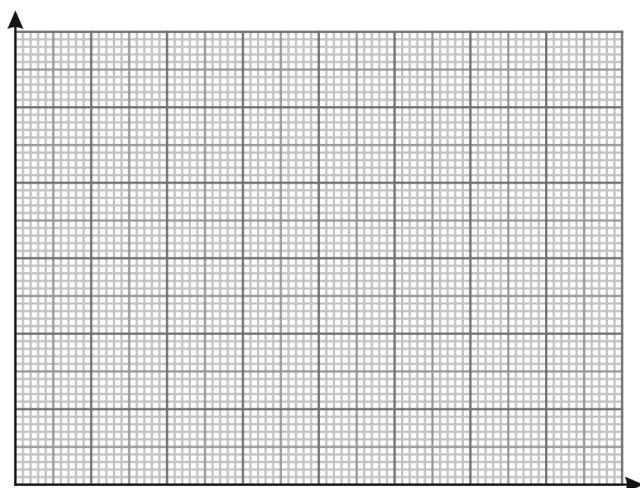
11. ¿Qué forma presenta que este gráfico?
-

12. Trace el gráfico $x = f(t^2)$. Para trazarlo complete la tabla $x(m)$ y $t^2(s^2)$.



13. Con relación al gráfico podemos concluir que el desplazamiento es _____ (directamente / inversamente) proporcional al _____ (doble / cuadrado) del intervalo de tiempo.
14. Determine los coeficientes angular y lineal del gráfico $x = f(t^2)$.
coeficiente angular $A =$ _____
coeficiente lineal $B =$ _____
15. Compare el coeficiente lineal del gráfico $x = f(t^2)$ con el valor de la x_0 . ¿Cuál es el significado del coeficiente lineal?
-
16. Compare el coeficiente angular del gráfico $x = f(t^2)$ con el valor de la a_m de la tabla. ¿Cuál es el significado del coeficiente angular?
-
17. Obtenga la ecuación horaria del movimiento del carrito.

18. Construya un gráfico de $V = f(t)$.



$E_v =$

$E_t =$

19. ¿Cuál es su forma?

20. Determine los coeficientes angular y lineal.

coeficiente angular $A =$ _____

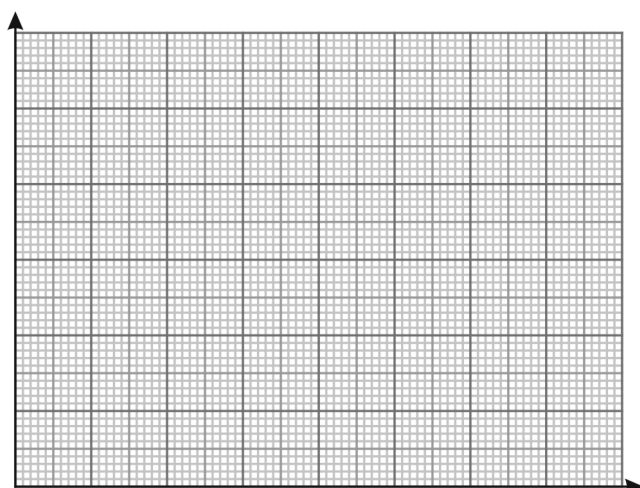
coeficiente lineal $B =$ _____

21. Compare el valor del coeficiente angular A con el valor de la a_m en la tabla. ¿Cuál es el significado físico del coeficiente angular A ?

22. Obtenga la ecuación de la velocidad del movimiento del carrito.

23. ¿Cuál es el significado físico del área bajo el gráfico $V = f(t)$?

24. Construya el gráfico $a = f(t)$.



$E_a =$

$E_t =$

25. ¿Qué forma presenta dicho gráfico?

26. ¿Qué representa el área bajo este gráfico?

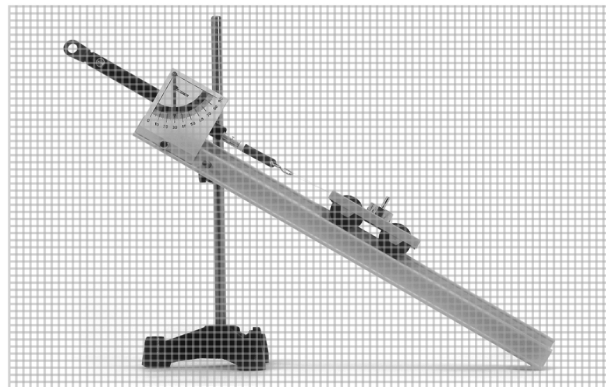
DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS

Material Necesario

- **01** rampa del plano inclinado con regla de 40mm
- **01** base de trípode con tornillo de ajuste
- **01** varilla de 405mm
- **01** fijador metálico con varilla
- **01** carrito
- **02** masas de 50g
- **01** dinamómetro de 2N
- **01** transportador de 90° con flecha indicadora
- **01** tornillo de ajuste de latón
- **01** fijador metálico con tornillo de ajuste

Procedimientos

1. Monte el equipo como se muestra en la figura, con la rampa inclinada a 30° y el dinamómetro fijo en su extremidad y con el cero ajustado para una inclinación de 30°.
2. Mida el peso del carrito con una masa de **50g**.
P = _____ N
3. Fije el carrito en la extremidad del dinamómetro y espere por lo menos un minuto para que se estabilice; para obtener un mejor resultado se debe golpear levemente sobre el plano inclinado para compensar las fricciones existentes.
4. Elabore un diagrama de las fuerzas que actúan sobre el carrito.
 - Fuerza aplicada sobre el carrito por el dinamómetro **F_d**
 - Fuerza peso **P**
 - Fuerza perpendicular al riel normal **N**
 - Fuerza perpendicular al riel componente del peso **P₁**
 - Fuerza paralela al riel componente del peso **P₂**
5. Calcule las fuerzas que actúan sobre el carrito.
6. Considerando el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que la fuerza aplicada sobre el carrito por el dinamómetro y la fuerza paralela al riel componente del peso **P₂** son iguales?
7. Repita los procedimientos añadiendo una masa de **50g** más.



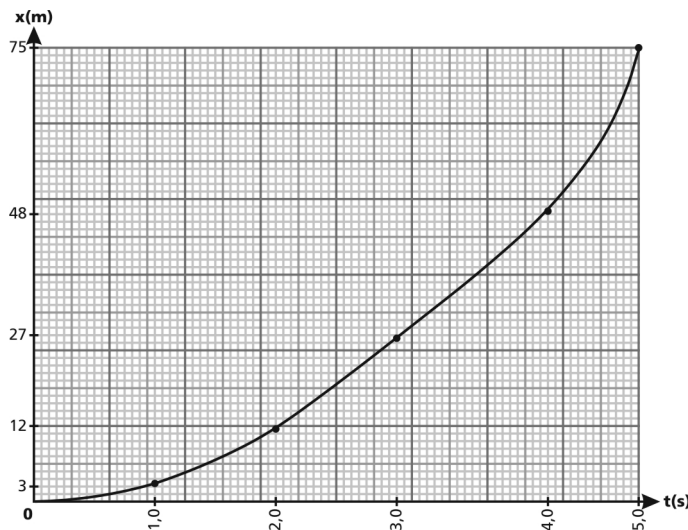
RESPUESTAS

INSTRUCCIONES BÁSICAS

CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICOS

Actividades

1. Construya el gráfico $x = f(t)$ de la siguiente tabla.

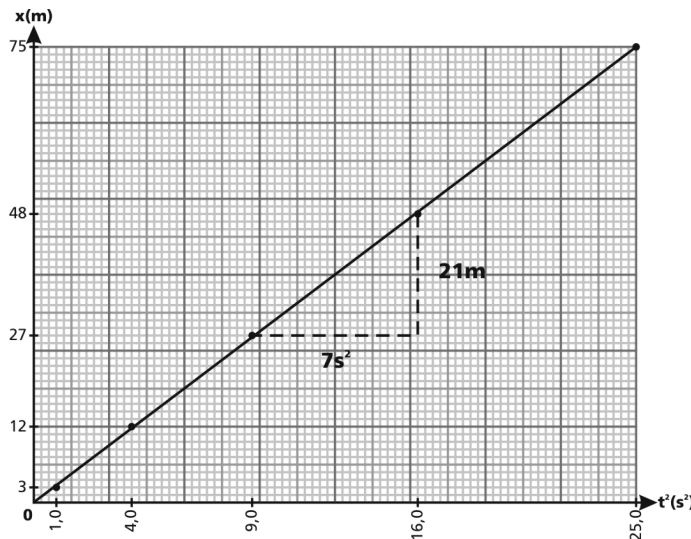


$x(m)$	$t(s)$
3,0	1,0
12,0	2,0
27,0	3,0
48,0	4,0
75,0	5,0

$$E(x) = 6\text{cm} / 75\text{cm} = 0,08\text{cm/m}$$

$$E(t) = 8\text{cm} / 5\text{s} = 1,6\text{cm/s}$$

2. Trace el gráfico anterior.



$x(m)$	$t^2(s^2)$
3	1
12	4
27	9
48	16
75	25

$$E(x) = 6\text{cm} / 75\text{cm} = 0,08\text{cm/m}$$

$$E(t^2) = 8\text{cm} / 25\text{s} = 0,32\text{cm/s}$$

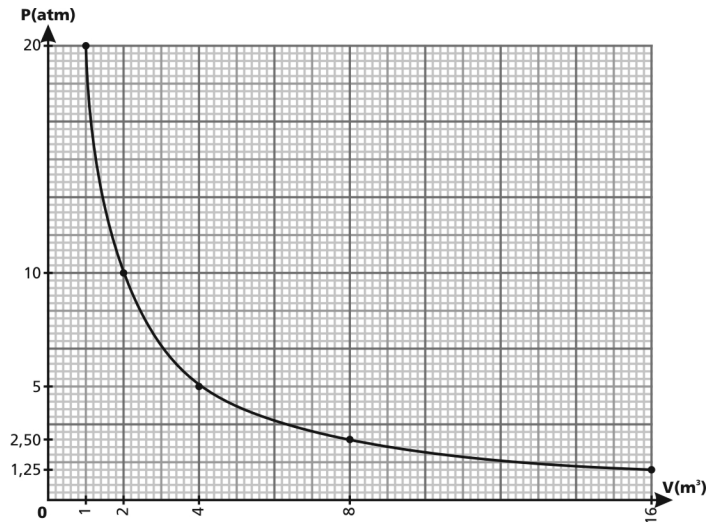
$$A = 21 / 7 = 3\text{m/s}^2$$

$$B = 0 \text{ (cero)}$$

Ecuación:

$$y = Ax + B \gg x = 3t^2$$

3. Construya el gráfico $P = f(V)$ de la siguiente tabla.

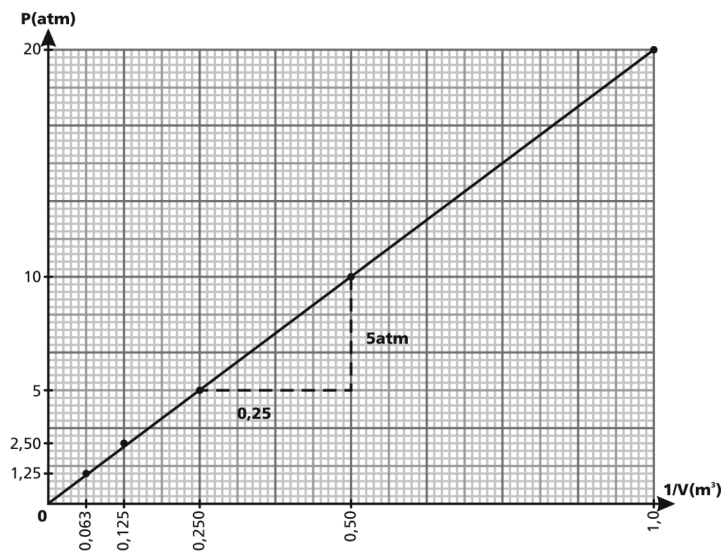


P(atm)	V(m³)
20,00	1,00
10,00	2,00
5,00	4,00
2,50	8,00
1,25	16,00

$$E(P) = 6 / 20 = 0,3 \text{ cm/atm}$$

$$E(V) = 8 / 16 = 0,5 \text{ cm/m}^3$$

4. Trace el gráfico anterior.



P(atm)	1/V(m³)
20	1
10	0,5
5	0,25
2,5	0,125
1,25	0,063

$$E(P) = 6 / 20 = 0,3 \text{ cm/atm}$$

$$E(1/V) = 8 / 1 = 8 \text{ cm/(1/m}^3\text{)}$$

$$A = 5 / 0,25 = 20 \text{ atm.m}^3$$

$$B = 0 \text{ (cero)}$$

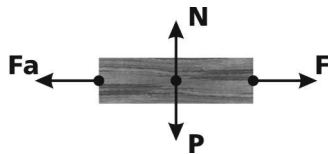
$$\text{Ecuación} = y = Ax + B \gg P = 20.1/V$$

LEYES DE LA FRICCIÓN

FUERZA DE FRICCIÓN ESTÁTICA (F_{ae}) | EXPERIMENTO 1

Procedimientos

4. En la siguiente figura represente las fuerzas aplicadas sobre el bloque de madera.



Fuerza aplicada **F**
Fuerza de fricción **Fa**
Peso **P**
Fuerza normal de reacción **N**

6. ¿El bloque de madera se movió al aplicar la fuerza de **0,2N**? **No**. ¿Cuál es la fuerza de fricción **Fa**? **0,2**.
7. Aumente **0,2N** a la intensidad de la fuerza **0,2N** y complete la tabla.
- | F(N) | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fa | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | - | - | - |
8. Cuando se aumenta gradualmente la fuerza aplicada, se puede notar que el bloque empieza a moverse, ¿cuál fue el menor valor aproximado de la fuerza aplicada que dió inicio al movimiento del bloque de madera?
F = 1,0
9. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática **Fae**?
Fae = 1,0N
10. Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera.
P = 2,80N
11. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
N = 2,80N
12. Calcule el coeficiente de fricción estática.
Fae/N = $\mu_e = 1,0 / 2,80 = 0,36$

COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA Y EL ÁREA DE LA SUPERFICIE DE CONTACTO | EXPERIMENTO 2

Procedimientos

4. ¿El bloque de madera se movió al aplicar la fuerza de **0,2N**? **No**.
5. Aumente **0,2N** a la intensidad de la fuerza **0,2N** y complete la tabla.

F(N)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Fa	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	-	-	-

6. Cuando se aumenta gradualmente la fuerza aplicada, se nota que el bloque empieza a moverse, ¿cuál fue el menor valor aproximado de la fuerza aplicada que dió inicio al movimiento del bloque de madera?
F = 1,0

7. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática **F_{ae}**?
F_{ae} = 1,0 N
8. Cuando se reduce el área de la superficie de contacto, ¿qué sucede con la fuerza de fricción estática?
No se modifica.
9. **09.** Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera.
P = 2,80 N
10. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
N = 2,80 N
11. Calcule el coeficiente de fricción estática.
F_{ae}/N = μ_e = 1,0 / 2,80 = 0,36
12. Al considerar el margen de error admitido (**5%**) se puede afirmar que los valores de los coeficientes de los experimentos **1** y **2** son iguales o diferentes?
Iguales, pues el coeficiente de fricción no depende del área de la superficie de contacto.

FUERZA DE FRICCIÓN ESTÁTICA (F_{ae}) Y FUERZA NORMAL DE REACCIÓN (N) | EXPERIMENTO 3

Procedimientos

1. **01.** Anote el valor de la fuerza de fricción estática encontrado en el **Experimento 1**.
F_{ae} = 1,0 N
4. Anote el valor de la fuerza de fricción estática.
F_{ae} = 2,15 N
5. ¿Qué sucede con la fuerza de fricción estática al duplicar la fuerza normal de reacción? Compare el punto **04** con el punto **01**.
Al duplicar la fuerza normal, la fuerza de fricción también se duplica.
6. La fuerza de fricción estática es **directamente proporcional** a la fuerza normal de reacción.
7. **07.** Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso de los bloques de madera.
P₁ = 2,80 N
P₂ = 3,40 N
8. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
N = 6,20 N
9. Calcule el coeficiente de fricción estática.
F_{ae}/N = μ_e = 2,20 / 6,60 = 0,36
10. Al considerar el margen de error admitido (**5%**) se puede afirmar que los valores de los coeficientes de fricción estática en los experimentos **1** (área mayor) y **2** (área menor) y **3** (peso mayor) son iguales o diferentes? Iguales.
Experimento 1: μ_e = 0,36
Experimento 2: μ_e = 0,36
Experimento 3: μ_e = 0,36

RELACIÓN ENTRE LA FUERZA DE FRICCIÓN ESTÁTICA (F_{ae}) Y LA NATURALEZA DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO | EXPERIMENTO 4

Procedimientos

1. Anote el valor de la fuerza de fricción estática encontrado del **Experimento 1**.
 $F_{ae} = 1,0 \text{ N}$
4. Anote el valor de la fuerza de fricción estática.
 $F_{ae} = 2,90 \text{ N}$
5. ¿Qué sucede con la fuerza de fricción estática cuando se altera la naturaleza de la superficie de contacto?
También se altera, pues se altera la naturaleza de la superficie.
6. La fuerza de fricción estática **depende** de la naturaleza de la superficie de contacto.
7. Con el dinamómetro de **5N**, mida el peso del bloque de madera.
 $P = 3,40 \text{ N}$
8. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
 $N = 3,40 \text{ N}$
9. Calcule el coeficiente de fricción estática.
 $F_{ae}/N = \mu_e = 2,9 / 3,40 = 0,85$
10. El coeficiente de fricción estática **depende** de la naturaleza de la superficie de contacto.

FUERZA DE FRICCIÓN CINÉTICO (F_{ac}) | EXPERIMENTO 5

Procedimientos

3. Anote el valor de la fuerza de fricción cinética.
 $F_{ac} = 0,80 \text{ N}$
4. Con el dinamómetro de 5N, mida el peso del bloque de madera.
 $P = 2,80 \text{ N}$
5. ¿Cuál es el valor de la fuerza normal de reacción?
 $N = 2,80 \text{ N}$
6. Calcule el coeficiente de fricción cinético.
 $\mu_c = F_{ac}/N = 0,8 / 2,8 = 0,29$
7. Al comparar el coeficiente de fricción estática con el coeficiente de fricción cinética, ¿a qué conclusión se llega?
El coeficiente de fricción estática es mayor que el coeficiente de fricción cinética.

ÁNGULO CRÍTICO | EXPERIMENTO 6

Procedimientos

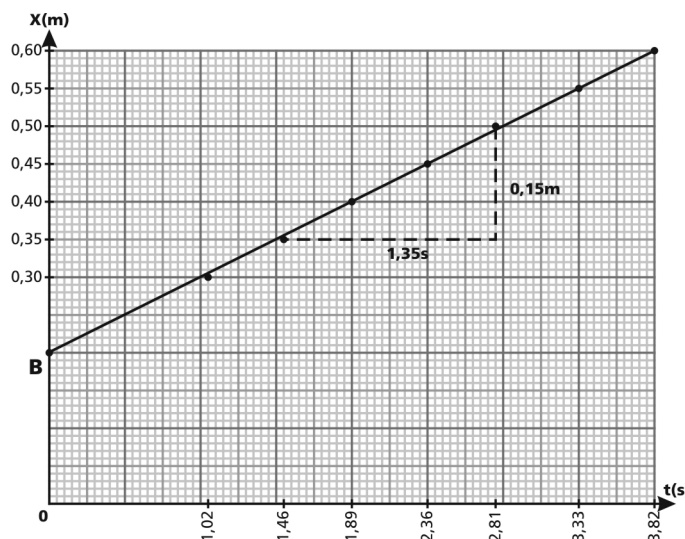
1. Determine el peso del bloque de madera.
 $P = 2,8 \text{ N}$
7. Anote la medida del ángulo crítico.
 $\alpha_1 = 19^\circ$
8. **08.** Repita el procedimiento por lo menos tres veces y encuentre un ángulo medio.
 $\alpha_1 = 20^\circ$
 $\alpha_2 = 21^\circ$
 $\alpha_3 = 20^\circ$
 $\alpha_m = 20^\circ$
9. **09.** Al comparar la tangente del ángulo crítico con el o coeficiente de fricción del **Experimento 1**, considerando el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que los valores son iguales o diferentes?
 $\text{tg } \alpha_m = 0,36$
 $\mu_e = 0,36$
 $\text{tg } \alpha_m = \mu_e$
Los valores son iguales.

MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME | MRU

Procedimientos

$X_0(m)$	$X(m)$	$\Delta X(m)$	$t_m(m)$	$V(m/s)$
0,20	0,30	0,100	1,02	0,11
0,20	0,35	0,150	1,46	0,10
0,20	0,40	0,200	1,89	0,11
0,20	0,45	0,250	2,36	0,11
0,20	0,50	0,300	2,81	0,11
0,20	0,55	0,350	3,33	0,11
0,20	0,60	0,400	3,65	0,11
V_m				0,11

- Calcule la velocidad media para cada desplazamiento y anótela en la tabla.
 $V = \Delta X / \Delta t$
- Al considerar el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que la velocidad permaneció constante?
Sí.
- Construya un gráfico de posición final por intervalo de tiempo.



$$E(t) = 8 / 3,65 = 2,19cm/s$$

$$E(X) = 6 / 0,60 = 10cm/m$$

- ¿Qué forma presenta este gráfico?
Una recta.
- Determine los coeficientes angular y lineal del gráfico $X = f(t)$.
coeficiente angular $A = 0,15 / 1,35 = 0,11m/s$
coeficiente lineal $B = 2,0cm / 10cm/m = 0,20m$
- Al considerar el margen de error admitido (**5%**) y comparar el coeficiente lineal del gráfico $X = f(t)$ con el valor de la posición inicial, se llega a la conclusión de que son **iguales**.
- ¿Cuál es el significado del coeficiente lineal?
El coeficiente lineal representa la posición inicial del móvil.
- Al considerar el margen de error admitido (**5%**), y comparar el coeficiente angular del gráfico $X = f(t)$ con el valor de la velocidad media de la tabla, se llega a la conclusión de que son **iguales**. ¿Cuál es el significado del coeficiente angular?

El coeficiente angular representa la velocidad del móvil.

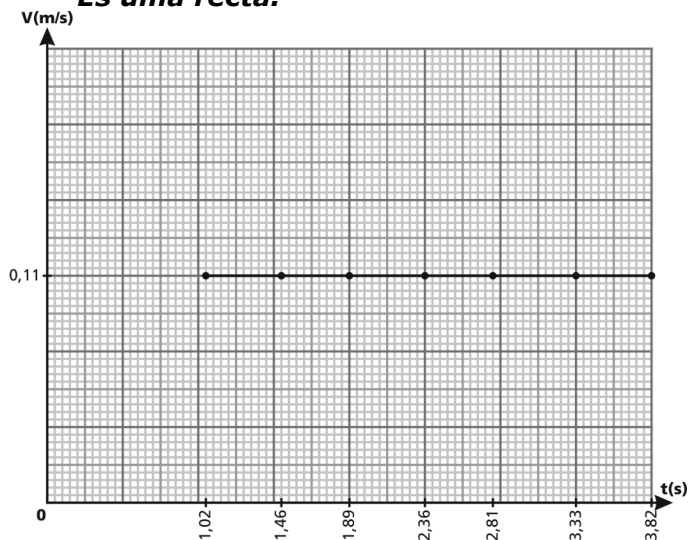
14. Obtenga la ecuación horaria del movimiento del carrito.

$y = B + A.x$ (ecuación de la recta)

$x = 0,20 + 0,11.t$

15. Construya el gráfico de $V_m = f(t)$. ¿Cuál es su forma?

Es una recta.



16. ¿Cuál es el significado físico del área bajo el gráfico $V_m = f(t)$?

Representa el desplazamiento del móvil en el intervalo de tiempo considerado.

17. Repita el experimento para una posición inicial igual a 10cm.

$X_0(m)$	$X(m)$	$\Delta X(m)$	$t_m(m)$	$V(m/s)$
0,10	0,30			
0,10	0,35			
0,10	0,40			
0,10	0,45			
0,10	0,50			
0,10	0,55			
0,10	0,60			
media				

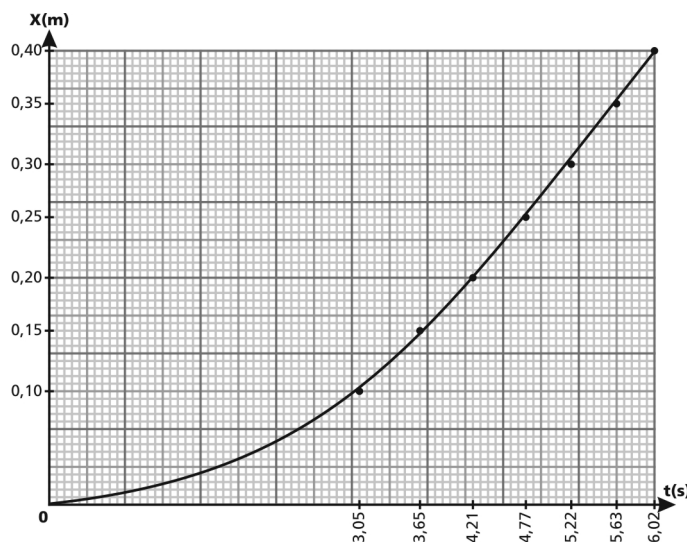
MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO | MRUV

Procedimientos

$x_0(m)$	$\Delta X(m)$	$t_m(s)$	$t_m^2(s^2)$	$a(m/s^2)$	$V(m/s)$
0,00	0,10	3,05	9,30	0,022	0,067
0,00	0,15	3,65	13,32	0,023	0,084
0,00	0,20	4,21	17,72	0,023	0,097
0,00	0,25	4,77	22,75	0,022	0,105
0,00	0,30	5,22	27,25	0,022	0,115
0,00	0,35	5,63	31,70	0,022	0,124
0,00	0,40	6,02	36,24	0,022	0,132
media				0,022	

9. **09.** Al considerar el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que la aceleración permaneció constante?
Sí.

10. Construya el gráfico de $x = f(t)$ y use los datos del experimento.



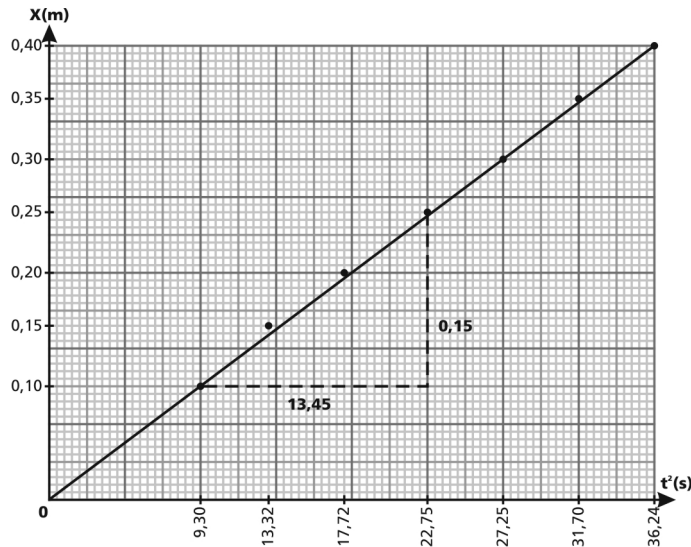
$$E(t) = 8 / 6,02 = 1,33 \text{ cm/s}$$

$$E(x) = 6 / 0,40 = 15 \text{ cm/m}$$

11. ¿Qué forma presenta que este gráfico?

Una parábola.

12. Trace el gráfico $x = f(t)$ (para trazarlo complete la tabla $x(m)$ y $t^2(s^2)$).



$\Delta x(m)$	$t^2(s^2)$
0,10	9,30
0,15	13,32
0,20	17,72
0,25	22,75
0,30	27,25
0,35	31,70
0,40	36,24

$$E(t^2) = 8 / 36,24 = 0,22 \text{ cm/s}^2$$

$$E(X) = 6 / 0,40 = 15 \text{ cm/m}$$

13. Con relación al gráfico podemos concluir que el desplazamiento es **directamente proporcional** al **cuadrado** del intervalo de tiempo.

14. Determine los coeficientes angular y lineal del gráfico $x = f(t^2)$.

coeficiente angular A = $0,15 / 13,45 = 0,0112$

coeficiente lineal B = 0 (cero)

15. Compare el coeficiente lineal del gráfico $x = f(t^2)$ con el valor de la x_0 . ¿Cuál es el significado del coeficiente lineal?

Posición inicial, $x_0 = 0$.

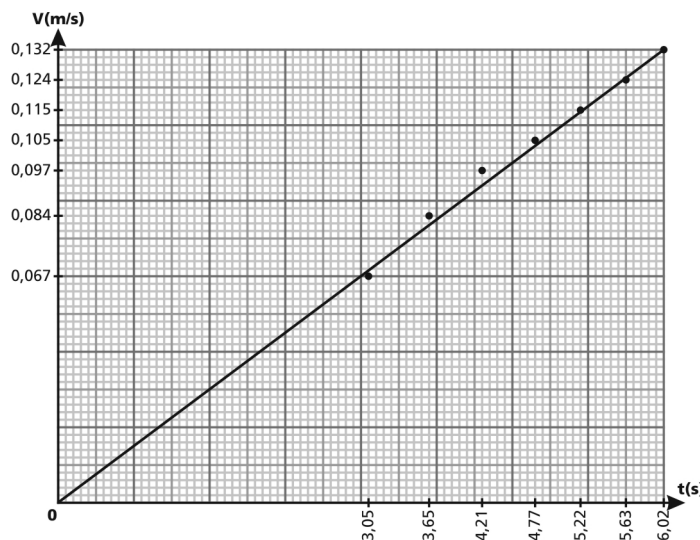
16. Compare el coeficiente angular del gráfico $x = f(t^2)$ con el valor de la a_m de la tabla. ¿Cuál es el significado del coeficiente angular?

El coeficiente angular representa la mitad de la aceleración.

17. Obtenga la ecuación horaria del movimiento del carrito.

$$X = 0,0112 \cdot t^2$$

18. Construya un gráfico de $V = f(t)$.



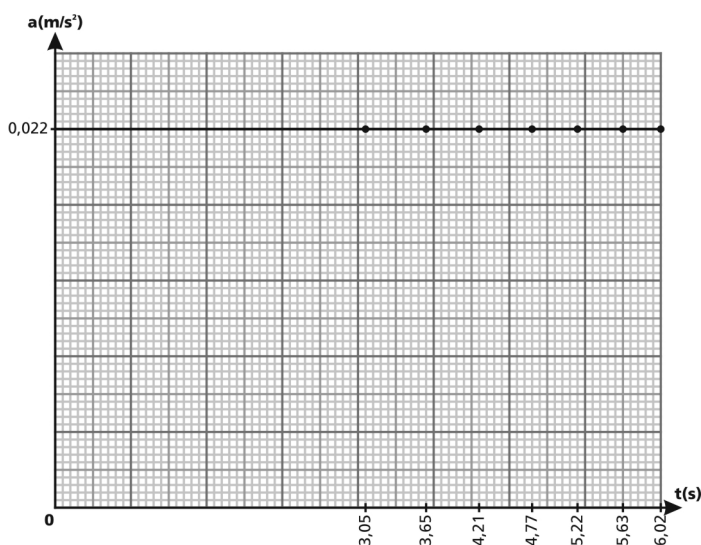
$$E(t) = 8 / 6,02 = 1,33 \text{ cm/s}$$

$$E(V) = 6 / 0,132 = 45,45 \text{ cm/(m/s}^2\text{)}$$

19. ¿Cuál es su forma?

Es una recta que pasa por el origen.

20. Determine los coeficientes angular y lineal.
coeficiente angular $A = 0,038 / 1,72 = 0,022 \text{ m/s}^2$
coeficiente lineal $B = 0$ (cero)
21. Compare el valor del coeficiente angular **A** con el valor de la **a_m** en la tabla. ¿Cuál es el significado físico del coeficiente angular **A**?
La aceleración.
22. Obtenga la ecuación de la velocidad del movimiento del carrito.
 $V = 0,022 \cdot t$
23. ¿Cuál es el significado físico del área bajo el gráfico **$V = f(t)$** ?
Desplazamiento del móvil en el intervalo de tiempo considerado.
24. Construya el gráfico **$a = f(t)$** .



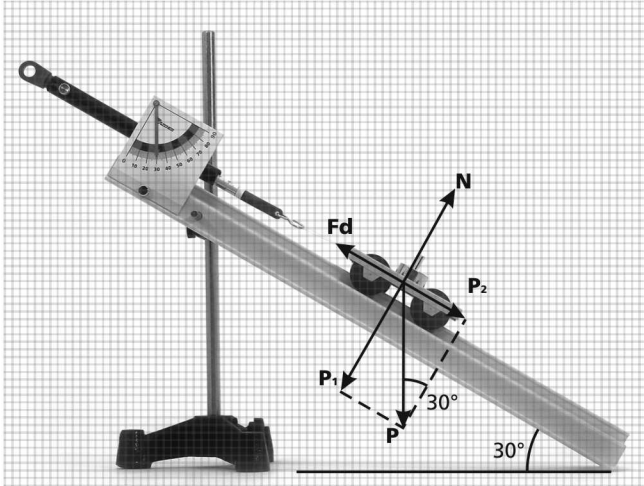
25. ¿Qué forma presenta?
Es una recta paralela al eje t.
26. ¿Qué representa el área bajo este gráfico?
Representa la variación de la velocidad del móvil en el intervalo de tiempo.

DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS

Procedimientos

2. Mida el peso del carrito con una masa de **50g**.
 $P = 0,90\text{ N}$

4. Elabore un diagrama de las fuerzas que actúan sobre el carrito.



- Fuerza aplicada al carrito por el dinamómetro **F_d**
- Fuerza peso **P**
- Fuerza perpendicular al riel normal **N**
- Fuerza perpendicular al riel componente del peso **P₁**
- Fuerza paralela al riel componente del peso **P₂**

5. Calcule las fuerzas que actúan sobre el carrito.

$$P_2 = P \cdot \sin 30^\circ = 0,90 \cdot 0,5 = 0,45\text{ N}$$

$$P_1 = P \cdot \cos 30^\circ = 0,90 \cdot 0,87 = 0,78\text{ N}$$

$$P_2 = 0,45\text{ N}$$

$$P_1 = 0,78\text{ N}$$

$$N = P_1 = 0,78\text{ N}$$

$$F_d = P_2 = 0,45\text{ N}$$

6. Considerando el margen de error admitido (**5%**), ¿se puede afirmar que la fuerza aplicada sobre el carrito por el dinamómetro y la fuerza paralela al riel componente del peso **P₂** son iguales?

Sí.

7. Repita los procedimientos añadiendo una masa de **50g** más.

$$P = 1,40\text{ N}$$

$$P_2 = 1,40 \cdot 0,5 = 0,70\text{ N}$$

$$P_1 = 1,40 \cdot 0,87 = 1,22\text{ N}$$

$$F_d = P_2 = 0,70\text{ N (calculado)}$$

$$F_d = 0,70\text{ N (medido)}$$