

## EXPERIENCIA Nº 6

### Principios de conservación de Energía Mecánica y Momentum Lineal

Gaspar Navarro Cornejo

Rol: 202173003-6

Parelelo 21 Fis 110

### Objetivos

Estudio del principio de conservación de la energía mecánica y del momentum lineal de un cuerpo en movimiento y en colisión en una dimensión.

---

### Introducción

La modelación de situaciones físicas mediante las cantidades conocidas como energía mecánica y momentum lineal, permite analizar situaciones sin la necesidad de conocer todos los detalles, permitiendo prestar atención a algunas cantidades y comportamientos de interés, de manera más directa que por el análisis cinemático y dinámico.

El momentum lineal, o cantidad de movimiento, es una cantidad física que representa el movimiento de objeto, considerando la cantidad de materia y la velocidad de esta. Es una cantidad vectorial y se define mediante la siguiente expresión:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

donde  $\vec{p}$  es el momentum lineal,  $m$  es la masa del objeto y  $\vec{v}$  la velocidad que tiene dicha masa.

Ambas representaciones, energía y momentum, permiten analizar la interacción de un objeto o sistema con las fuerzas que actúen sobre él, mediante el trabajo o energías potenciales para el caso de la energía mecánica, o mediante el impulso para el caso del momentum lineal. Esto entrega herramientas para establecer situaciones en las que estas cantidades se conserven.

En el caso de un choque de dos objetos el momentum lineal total se conserva, al poder despreciar los impulsos de fuerzas externas al sistema. Pero la energía mecánica de los objetos estudiados puede variar. Los choques en donde la energía mecánica se mantiene constante se conocen como elásticos. En caso contrario, si constatamos un cambio en la energía mecánica, a causa de deformaciones o energías internas, se conocen como choques inelásticos. En el caso particular de choques donde los cuerpos quedan unidos, decimos que son completamente inelásticos. Según las propiedades de los cuerpos que chocan, existen todas las posibilidades abarcadas entre los casos elástico y completamente inelástico.

### Entregable

Guía de trabajo (las respuestas a esta). Desarrollado en parejas.

## Procedimiento

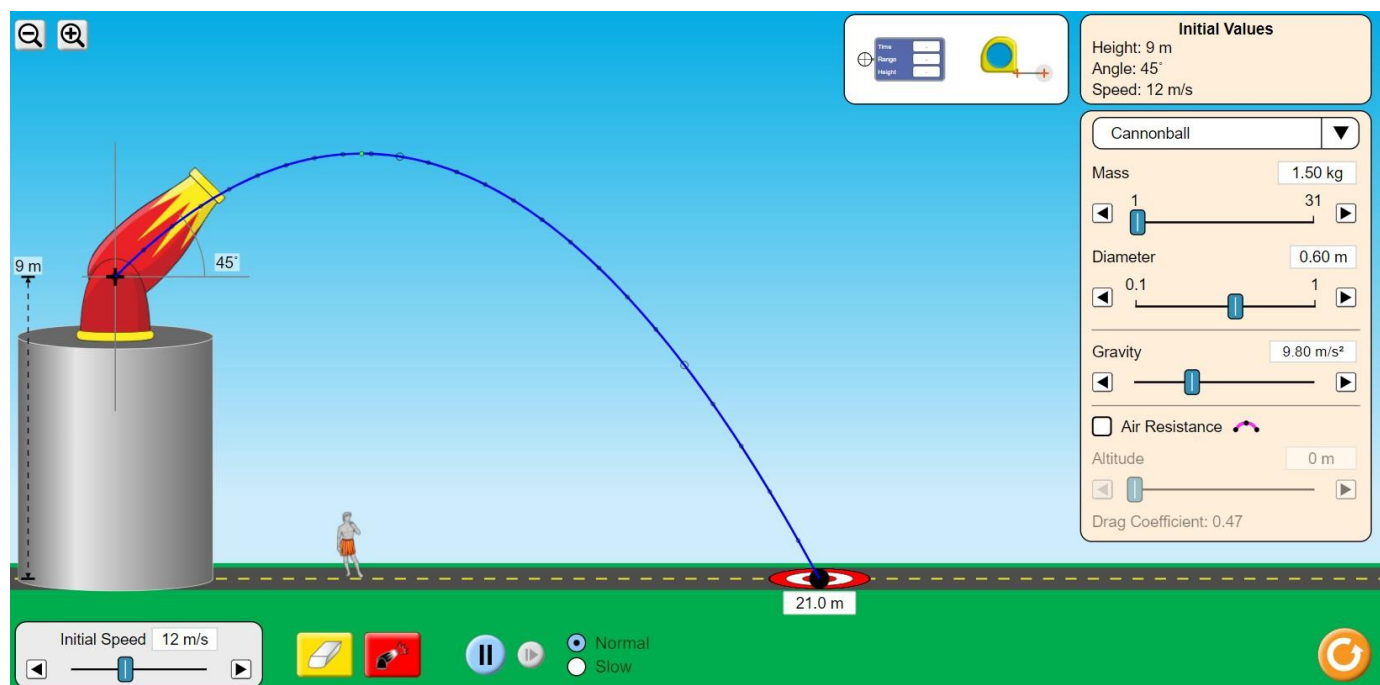
### Parte A: Energía mecánica, movimiento parabólico y roce del aire.

1.- Abra la simulación:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_en.html)

en la modalidad “Lab”.

2.- Ubique la plataforma de lanzamiento a 9 m del suelo. Con una masa de 1,5 kg, magnitud de la aceleración de gravedad de  $9,8 \text{ m/s}^2$  y diámetro de 0,60 m, realice un lanzamiento con un ángulo y rapidez inicial tales que se vea la trayectoria completa en pantalla.}



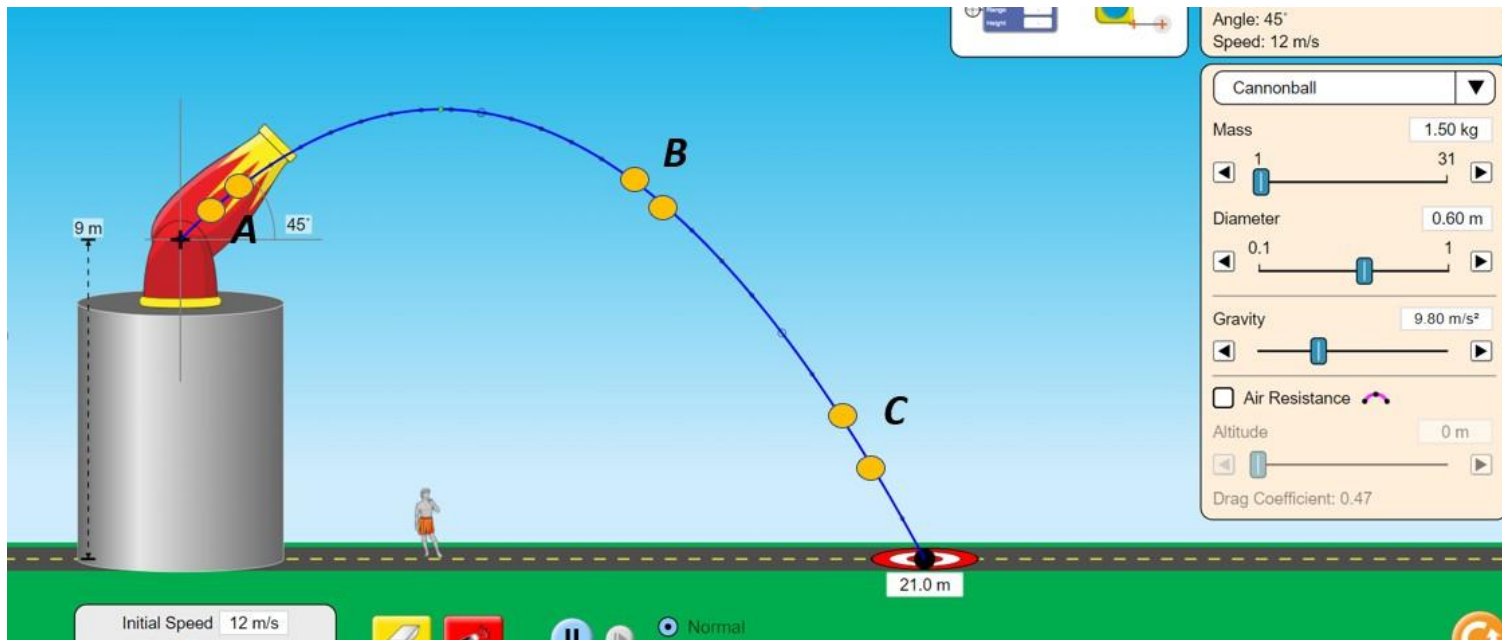
3.- Divida la trayectoria en tres segmentos, seleccione uno en que el proyectil vaya subiendo, otro en que vaya bajando sobre la línea de lanzamiento, y otro en que vaya bajando debajo la línea de lanzamiento. Tome dos puntos consecutivos en cada segmento y con la “herramienta de medición” encuentre la rapidez media y la altura media del suelo.

4.- Con esos valores complete la tabla.

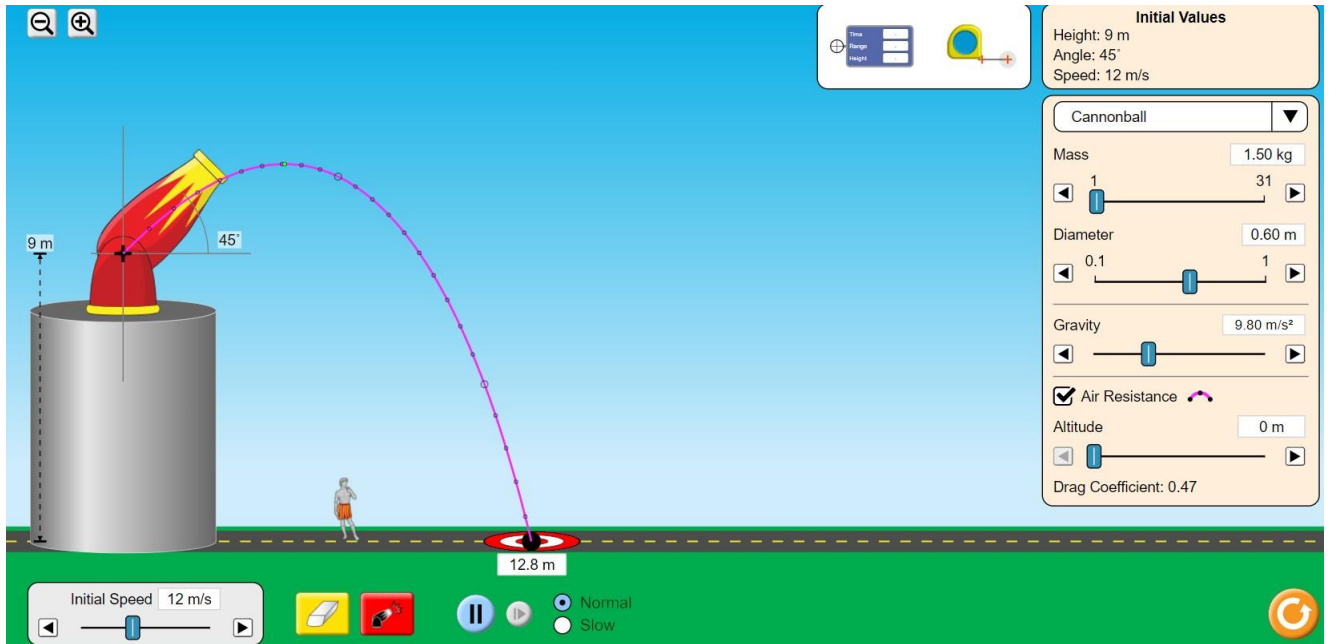
Segmento de la trayectoria	Rapidez media [m/s]	Energía cinética [J]	Altura media [m]	Energía potencial [J]	Energía mecánica total [J]
A	11,0	90,8	10,2	149,9	240,7
B	10,6	84,3	10,3	151,4	235,7
C	15,8	187,2	3,3	48,5	235,7

\*Pese a que existe una diferencia de 5 [J] entre los 3 puntos tomados, creo que esto puede deberse a las cifras significativas, aunque no es una diferencia muy grande y permite ver que si se conserve la energía en el movimiento, igual se debe tener en cuenta.

5.- Adjunte una captura de pantalla de la trayectoria utilizada, marcando los tres segmentos considerados y los puntos usados para completar la tabla anterior.

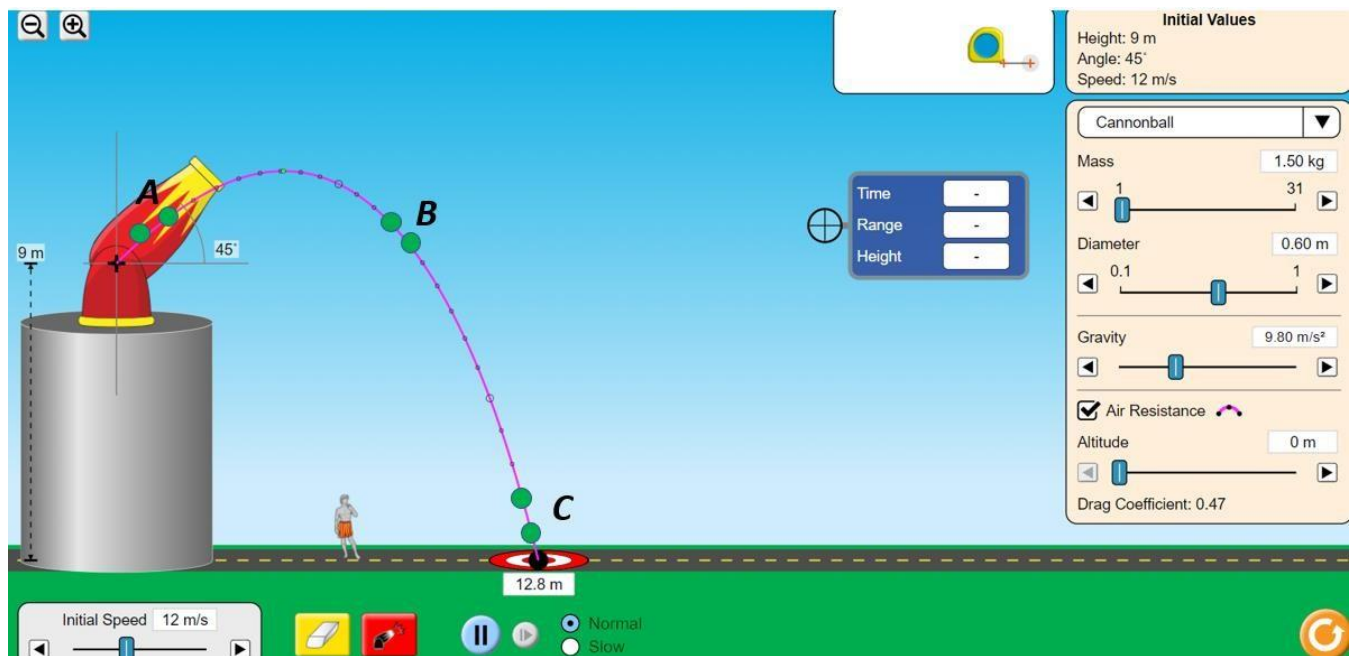


6.- A continuación, agregue la resistencia del aire (Air resistance) manteniendo la altitud (Altitude) en cero (este valor permite aumentar o disminuir el efecto de la resistencia del aire, con "Altitude = 0 m" éste es máximo). Repita el procedimiento del punto 3, y complete la siguiente tabla.



Segmento de la trayectoria	Rapidez media [m/s]	Energía cinética [J]	Altura media [m]	Energía potencial [J]	Energía mecánica total [J]
A	10,4	81,1	10,0	147	228,1
B	7,1	37,8	9,9	145,5	183,3
C	11,4	97,4	1,4	20,6	118

7.- Adjunte una captura de pantalla de la trayectoria utilizada, marcando los tres segmentos considerados y los puntos usados para completar la tabla anterior.

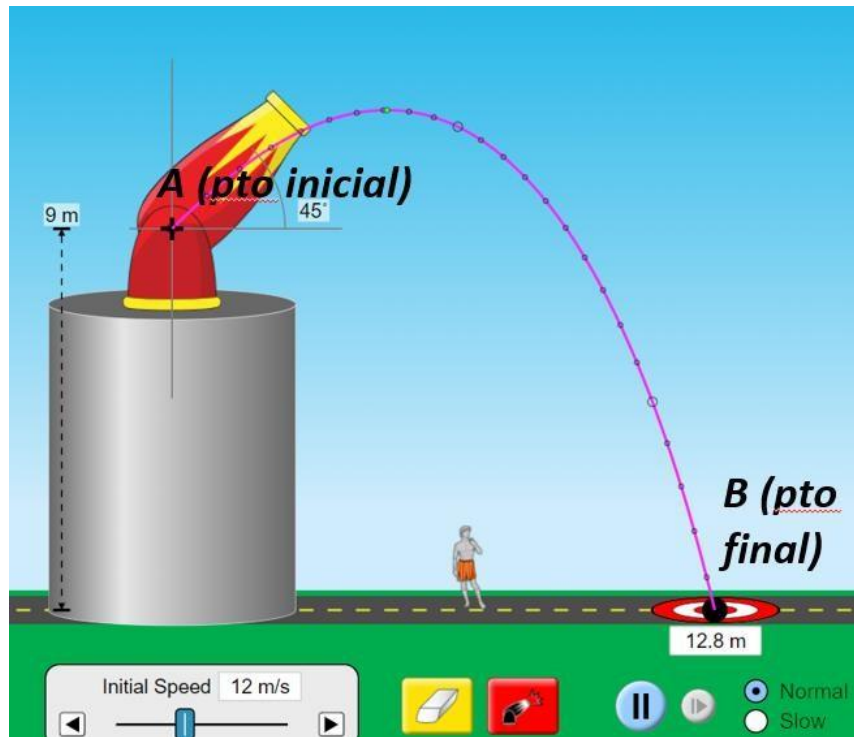


8.- Conteste:

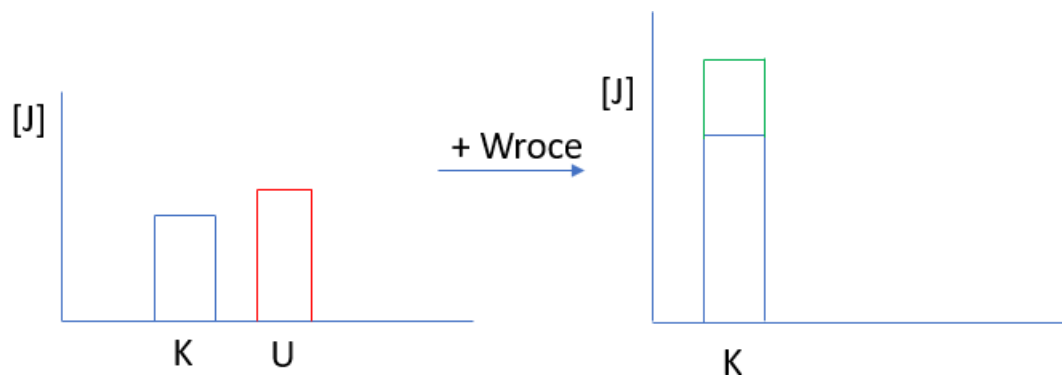
a) Explique las diferencias y similitudes del comportamiento de la energía en ambos movimientos.

- En los dos movimientos estudiados tenemos presencia de dos tipos de energía, la cinética y la potencial gravitatoria, y la ausencia de la energía elástica. Como todo movimiento parabólico, su velocidad desde el punto A hasta su altura máxima disminuye, y una vez que vuelve a caer alcanza su máxima velocidad. En el punto más alto de la parábola la energía potencial corresponde a toda la energía del sistema, y a medida que desciende el objeto, la cinética aumenta mientras que la potencial disminuye. En el segundo caso, como hay trabajo por parte del roce, la energía del sistema se pierde, por tanto, la energía del sistema no se conserva. Finalmente, el primer caso de estudio recorre mayor cantidad de metros y alcanza una mayor altura respecto al segundo caso.

- b) Calcule el trabajo realizado por la fuerza de roce del aire en la trayectoria completa, eso es desde el inicio del lanzamiento hasta llegar a tocar el suelo.



Tenemos el siguiente diagrama de energía:



Por tanto, planteando las ecuaciones de energía y de los datos obtenidos de la tabla, como la velocidad inicial y final del sistema, en los puntos A y B, como la altura y la masa del objeto lanzado, tenemos que:

$$E_A + W_{roce} = E_B$$

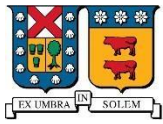
$$K_A + U_A + W_{roce} = K_b$$

$$0,5 * 1,5[kg] * 12^2[m/s^2] + 9[m] * 1,5[kg] * 9,8[m/s^2] + W_{roce} = 0,5 * 1,5[kg] * 11,4^2[m/s^2]$$

$$108 + 132,3 + W_{roce} = 97,5$$

$$W_{roce} = -142,8 [J]$$

- c) Respecto al caso donde se considera el roce con el aire, comente sobre la posibilidad o limitaciones de utilizar el modelo vectorial-geométrico de movimiento en 2D para analizar la situación.
- Para esta alternativa, a pesar de que se podría calcular la velocidad final del movimiento conociendo la distancia que recorre el lanzamiento, vectorialmente no podría calcular el trabajo o la magnitud de la fuerza de roce producida por el aire. Sería imposible conocer la pérdida de energía cinética producto de la resistencia del aire, ni predecir la trayectoria del objeto en caso de ser desconocida.
- d) Respecto al momentum lineal del proyectil simulado, indique si este se conserva o no, y la(s) posible(s) causa(s).
- No se conserva el momentum debido a que el movimiento presenta aceleración, por tanto, este no es constante de inicio a fin. El lanzamiento inicial va en sentido contrario de la fuerza de gravedad, por tanto, la suma vectorial de esta componente con la velocidad disminuye su magnitud hasta su altura máxima, para luego el objeto acelerar hasta una altura final igual a cero.



## Parte B: Momentum lineal, Choques en 1D.

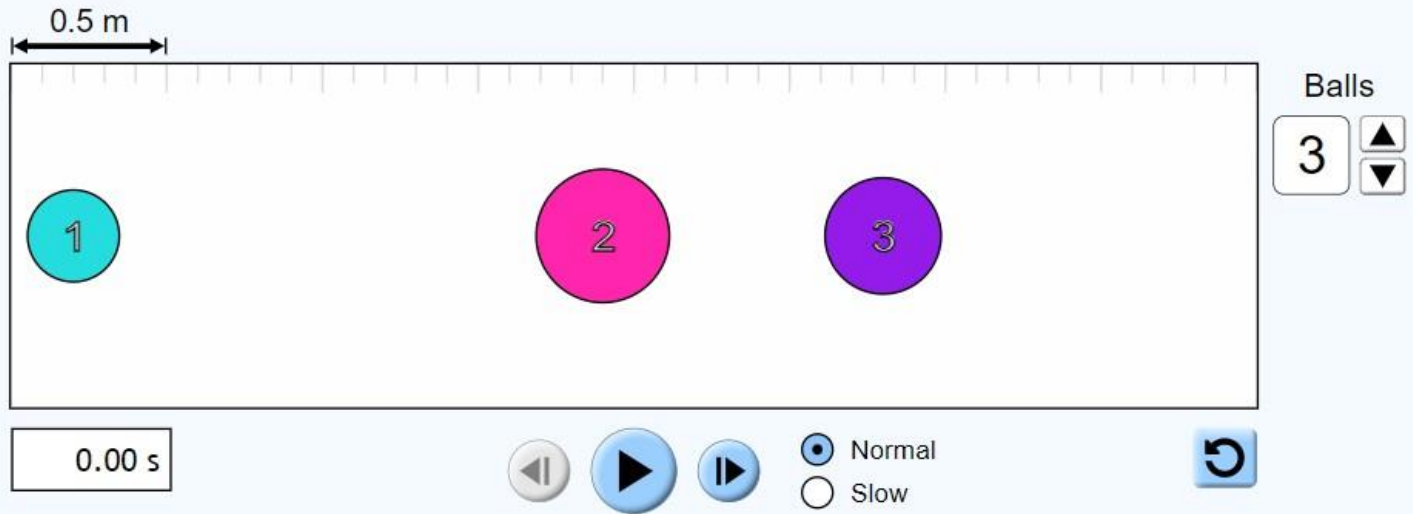
9.- Abra la simulación:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab_en.html)

Seleccione la opción de simulación “Explore 1D” (al inicio o en la barra de modos, la 2da opción de izquierda a derecha) y deshabilite la opción para reflexión de las masas en los bordes. Para controlar toda la simulación, se recomienda trabajar con datos numéricos aplicando el botón “More Data”.



10.- Ubique tres esferas separadas sobre el eje X, en posiciones  $x_1\hat{,} x_2\hat{}$  y  $x_3\hat{}$ , con  $x_1 < x_2 < x_3$ , y cuyas masas estén en relación  $m_1:m_2:m_3=1:3:2$ . Asigne sólo velocidad a la masa  $m_1$  en dirección de las otras dos, sólo con componente en el eje X. Simule la situación con un choque completamente **elástico** (con elasticidad al 100%).



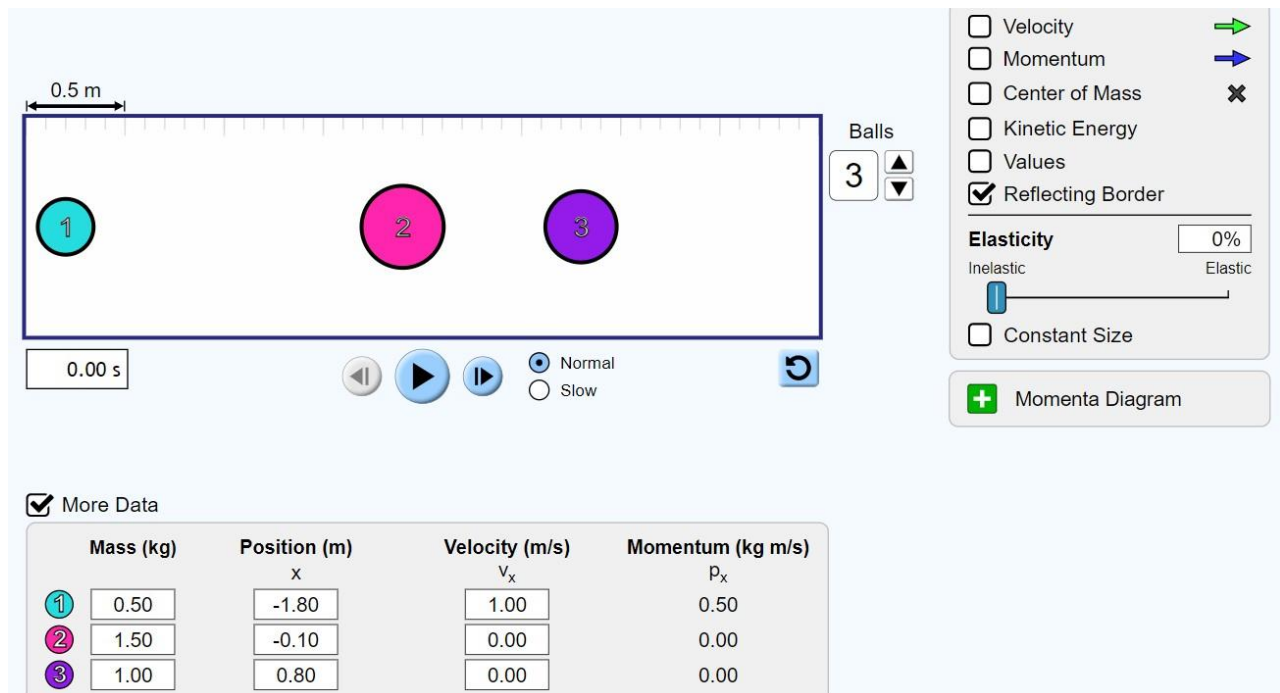
☒ More Data

	Mass (kg)	Position (m)	Velocity (m/s)	Momentum (kg m/s)
		x	$v_x$	$p_x$
①	0.50	-1.80	1.00	0.50
②	1.50	-0.10	0.00	0.00
③	1.00	0.80	0.00	0.00

11.- Con la simulación complete la siguiente tabla:

Masas [kg]	Momentum inicial [kg*m/s]	Momentum después del primer choque [kg*m/s]	Momentum después del segundo choque [kg*m/s]	Energía Cinética inicial [J]	Energía cinética después del primer choque [J]	Energía cinética después del segundo choque [J]
0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,06	0,06
1,5	0,0	0,75	0,15	0	0,18	$7,5 \times 10^{-3}$
1,0	0,0	0,0	0,60	0	0	0,18

12.- Ubique tres esferas separadas sobre el eje X, en posiciones  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$ , con  $x_1 < x_2 < x_3$ , cuyas masas estén en relación  $m_1:m_2:m_3=1:3:2$ . Asigne sólo velocidad a la masa  $m_1$  en dirección de las otras dos, sólo con componente en el eje X. Simule la situación con un choque **completamente inelástico** (con elasticidad al 0%).



0.5 m

0.00 s

Normal

Slow

Balls: 3

Velocity

Momentum

Center of Mass

Kinetic Energy

Values

Reflecting Border

Elasticity: 0%

Inelastic

Elastic

Constant Size

+ Momenta Diagram

More Data

	Mass (kg)	Position (m)	Velocity (m/s)	Momentum (kg m/s)
		x	$v_x$	$p_x$
1	0.50	-1.80	1.00	0.50
2	1.50	-0.10	0.00	0.00
3	1.00	0.80	0.00	0.00

13.- Con la simulación complete la siguiente tabla:

Masas [kg]	Momentum inicial [kg*m/s]	Momentum después del primer choque [kg*m/s]	Momentum después del segundo choque [kg*m/s]	Energía Cinética inicial [J]	Energía cinética después del primer choque [J]	Energía cinética después del segundo choque [J]
0,5	0,5	0,13	0,08	0,25	0,02	$6,4 \times 10^{-3}$
1,5	0	0,38	0,25	0	0,05	0,02
1	0	0	0,17	0	0	0,01

14.- Conteste:

- a) Para cada simulación, indique las diferencias y similitudes del comportamiento del momentum lineal ante los choques.
- En la primera simulación, con un 100% de elasticidad, la pelota 1 cambia su dirección de su movimiento inicial, en cambio en la segunda simulación, donde la elasticidad es cero, la dirección del movimiento inicial se mantiene. También en la simulación dos los cuerpos se mantienen unidos posterior al choque, no como en el primer caso.
- b) Para cada simulación, indique las diferencias y similitudes del comportamiento de la energía cinética antes los choques.
- En la primera simulación la energía cinética del sistema es constante, pero en la segunda simulación no lo es, ya que se pierde energía. Algo en común es que la energía cinética del movimiento de la pelota 1 en un inicio, al entrar en contacto con las otras dos bolas, se “reparte” la energía.
- c) Explique las posibles causas de la conservación o variación del momentum lineal y de la energía cinética en las simulaciones de choques, en base a los principios de conservación.
- Una posible causa en la segunda simulación al ser el valor de la elasticidad cero, la energía cinética se transforma en deformación de los cuerpos o calor. También en la primera simulación al ser la elasticidad al 100%, se conserva la energía del sistema en todo momento, sin que esta se transforme como en el segundo caso.
- d) Explique las diferencias y similitudes de la simulación del movimiento parabólico y de la simulación de choques, en base a los principios de conservación.
- En el lanzamiento parabólico con roce, hay pérdida de energía cinética por el trabajo realizado por la resistencia del aire, trayendo como consecuencia que el momentum del movimiento no se conserve, por otro lado, en la simulación de choques con 0% de elasticidad, la deformación de los cuerpos es quien provoca que la energía del movimiento se transforme y que se pierda energía cinética, no conservando su momentum. Pese a que ambos no conservan su momentum lineal, el movimiento del proyectil depende de las fuerzas que interactúan, mientras que el choque de masas constata la elasticidad de los cuerpos del sistema como una componente que define la conservación de este.