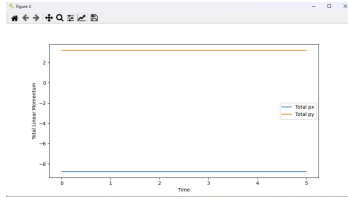
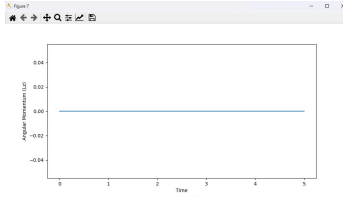


## Tarea 1. Hugo Perla, Samuel García

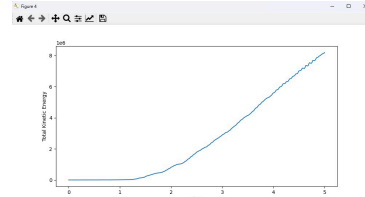
② a), b) Momento lineal total en x y en y.



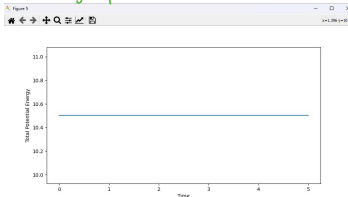
h) Momento angular en z.



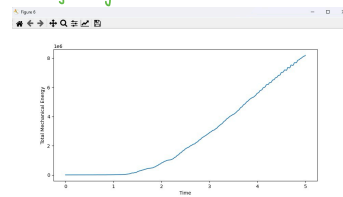
d) Energía cinética total vs t.



e) Energía potencial total vs t.



f) energía mecánica total vs t.



a) y b): Considerando que las partículas interactúan por la acción de una fuerza conservativa, y que no hay más fuerzas externas actuando (además de no haber interacción con las paredes); el momento lineal debería conservarse. Es por esto que cuando las partículas aparecen de forma aleatoria con cierto valor de velocidad, el valor de momento lineal ( $p_x, p_y$ ), inicial, permanece constante en el tiempo y por esto pueden estar apareciendo líneas rectas horizontales a lo largo del tiempo.

c) La fuerza que se implementa en el método de clase `CalculateForce` está basada en el potencial de Lennard-Jones. La fórmula de este potencial es  $V(r) = 4\epsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$

Ahora bien, la fuerza que experimentan las partículas debido al potencial es:

$\vec{F}(r) = -\vec{\nabla}V(r) = -\frac{dV(r)}{dr} \hat{r} = 4\epsilon \left( 12 \frac{\sigma^{12}}{r^{13}} - 6 \frac{\sigma^6}{r^7} \right) \hat{r}$  ( $F_n$  en el código). Si es conservativa significa que el trabajo hecho para mover las partículas es independiente de su recorrido.  $\vec{W} = \vec{F} \cdot d$ . Ya que  $F_n$  no depende del recorrido que sigan las partículas, es conservativa.

d) Como se puede observar en la gráfica, la energía cinética aumenta con el tiempo. Si se considera que el momento lineal en x y en y permanece constante y que  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , debe haber una inconsistencia. Mi compañero y yo sabemos que las partículas interactúan de forma elástica y que solo actúan fuerzas conservativas. Sin embargo, tras revisar el código, no entendemos porque la energía cinética no permanece constante.

e) La gráfica de energía potencial hace más sentido pues muestra que la energía potencial permanece constante en el tiempo. Lo que entendemos por el hecho de que el potencial sea positivo es que no toda la energía del sistema se está gastando o convirtiendo en energía potencial. ¿Por qué? Realmente, a partir del código no tenemos certeza del porque no se gasta toda la energía potencial en cinética.

f) La energía mecánica total (cinética + potencial) debería conservarse a lo largo del tiempo. Sin embargo, debido a que la energía cinética cambia a lo largo del tiempo, la mecánica también cambia. Tal vez el método de Euler o algún error en el código causa esto.

g) El teorema del trabajo y la energía establece que  $W_{\text{neto}} = \Delta E_k$ . Considerando que la energía mecánica incrementa a lo largo del tiempo, significaría que de algún modo el  $W$  también lo hace. Sin embargo, de la expresión de fuerza que se deduce del potencial de Lennard-Jones, indica que es conservativa y uno no esperaría que esta aumente con el tiempo como para que el  $W$  aumente. Nuestros conclusiones que el teorema no se cumple para la simulación.

h) Tras leer el código minuciosamente, no entendemos si las partículas rotan como para tener momento angular. Además, se supone que la simulación solo tiene lugar en el plano x-y. Sin embargo, quisimos calcularlo con la fórmula que conocemos de física I ( $L = I\omega$ ). Con esto obtuvimos una gráfica mostrando una recta horizontal en cero. Esta gráfica es consistente con las complicaciones enunciadas previamente.

i) Consideramos que las partículas sí se extenderían y moverían en todo el volumen. Esto siempre y cuando las interacciones entre partículas también causen desplazamiento en el eje z.