



# Práctica 4: Muelles

En esta práctica, programaremos partículas unidas mediante muelles que además se puedan ver afectadas por las fuerzas que ya tenemos programadas de la Práctica 3. Usaremos la estructura ya creada en la práctica anterior: generador de fuerzas y registro de fuerzas para implementar la fuerza de los muelles.

## Actividad 1: Partícula unida a una posición estática mediante un muelle

En esta primera práctica implementaremos la versión más sencilla de un muelle. De esta forma nos permitirá empezar a experimentar con los valores de elasticidad y su comportamiento. Debemos implementar una partícula unida a una posición estática mediante un muelle. La posición estática se debe representar mediante un pequeño cubo para ver visualmente dónde está el punto de anclaje. La partícula puede tener cualquier representación que queráis.

### Tarea

Implementar una partícula unida por un muelle a un punto fijo de anclaje. La partícula (no su anclaje que consideraremos estático) debe estar afectada por la gravedad.

Implementar mediante la pulsación de una tecla la posibilidad de que la partícula se vea afectada por una fuerza durante un periodo breve de tiempo.

Implementar la posibilidad de modificar la constante del muelle mediante teclado.

Los sistemas con constantes de muelle muy elevadas (por ejemplo,  $k > 500$ ) son muy sensibles al método de integración empleado. Aumenta la  $k$  del muelle y observa el comportamiento de tu sistema cuando empleas el algoritmo de Euler explícito como método de integración. ¿Qué ocurre? Cambia el algoritmo de integración al algoritmo de Euler semi-implícito y observa cómo se comporta el sistema para el mismo valor de  $k$ .

## Actividad 2. Partículas unidas mediante muelles.

Ahora se trata de extender la práctica anterior, pero en lugar de tener una partícula unida a una posición estática, unir dos partículas mediante un muelle.

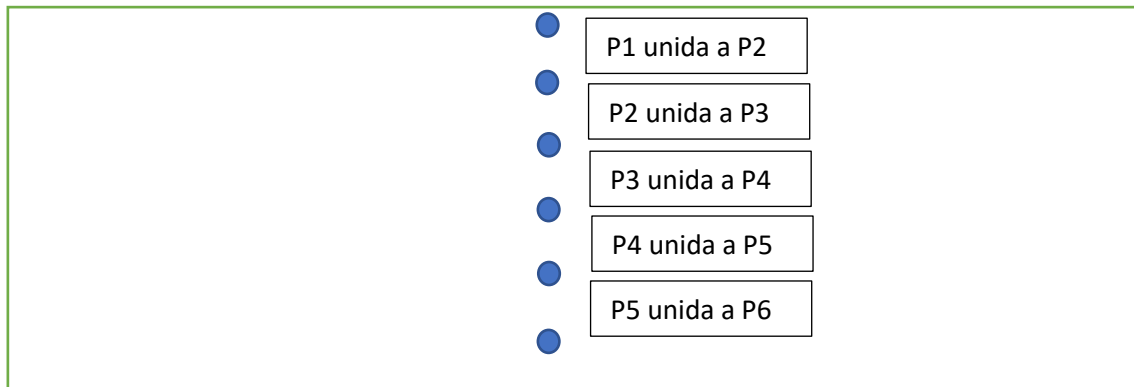
### Tarea

Implementar dos partículas unidas mediante un muelle. Podéis utilizar el mismo entorno con el mismo campo de fuerza y ver el comportamiento cuando actúan otras fuerzas sobre ellas (gravedad, viento...) y para diferentes valores de la constante del muelle.

Crea un generador de fuerzas para implementar el comportamiento de una goma elástica. Puedes usar como punto de partida el generador de fuerzas de dos partículas unidas mediante un muelle. Ten en cuenta que la única diferencia es que en las partículas unidas mediante una goma elástica la fuerza del muelle sólo se aplica cuando la distancia entre ambas supera la distancia de reposo (cuando la goma se estira) pero no cuando es menor (la goma se encoje).

### Tarea opcional

Implementar un sistema parecido a un [slinky](#). Puedes crear una batería de partículas unidas entre ellas mediante muelles.



Coloca las partículas en vertical y somételas a la fuerza de la gravedad. Prueba con diferentes elongaciones iniciales de los muelles y diferentes constantes de muelle para ver qué ocurre.

### Actividad 3. Flotación

Por último, implementaremos un sistema de flotación. En un objeto flotando siempre tenemos dos fuerzas verticales que actúan:

1. Fuerza de la gravedad (peso del objeto). Fuerza vertical hacia abajo.
2. Empuje del agua (peso del volumen de agua desalojada por el objeto). Fuerza vertical hacia arriba.

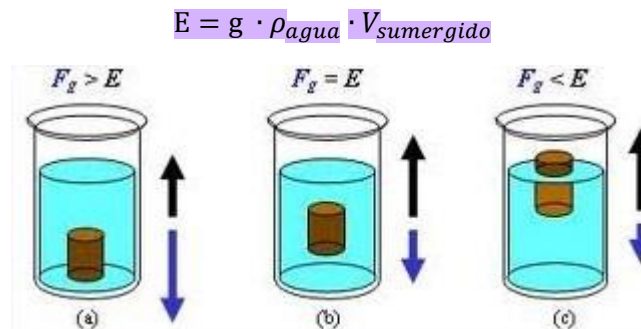
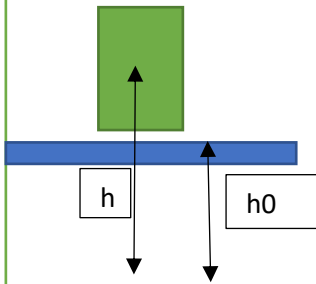
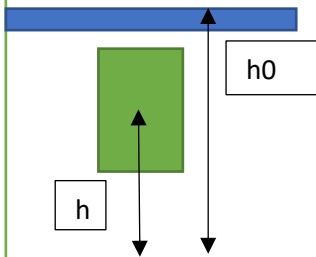


Ilustración 1

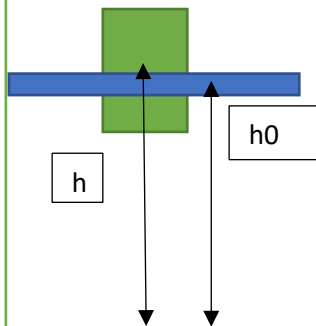
En este cálculo la parte más compleja es saber el volumen de agua desalojada por el objeto ya que el cálculo del volumen del objeto, dependiendo de su forma, es complejo. En esta práctica lo simplificaremos considerando que nuestro objeto es un prisma cuadrangular de perfil fijo (un cubo) pudiendo calcular su volumen sabiendo la proporción de objeto sumergido. Para ello definiremos tres casos en función de la posición en la que se encuentra nuestro objeto. Completamente sumergido (Ilustración 1 caso (b)), si está completamente fuera (caso (a)) o si está sumergido sólo en parte (caso (c)). Recordad que el volumen de agua desalojada es igual al de volumen sumergido.



```
if (h - h0 > _height * 0.5 ) {
    immersed = 0.0;
}
```



```
else if (h0 - h > _height * 0.5 ) {
    immersed = 1.0;
}
```



```
else {
    immersed = (h0 - h) / _height + 0.5;
}
```

```
f.y = _liquid_density * _volume * immersed * 9.8;
p->addForce(f);
```

### Tarea

Pinta un cubo con una componente vertical muy pequeña que simule la superficie del agua. Un objeto de tipo Box será el objeto de flotación.

Implementa un generador de fuerza para el empuje. Puedes usar el teclado para modificar los parámetros (masa y volumen del objeto) y observar los diferentes casos: flotación, hundimiento y caso límite ( $F_g = E$ ). Consideraremos que el líquido es el agua, con densidad  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

### Tarea opcional

Simula también el comportamiento para distintos líquidos. Para ello habría que:

- Cambiar la densidad del líquido acorde al del líquido de simular
- Añadir un simulador de rozamiento acorde al tipo de líquido y a su viscosidad (cuanto más viscoso sea el líquido, la componente  $k_1$  del rozamiento aumentará y será el dominante, mientras que  $k_2$  es dominante para gases y podemos fijarlo a 0 en líquidos).