

FISICA Y SENTIDO COMUN: LA RELATIVIDAD ESPECIAL

¿Que pasa cuando
el sentido común
se enfrenta a
evidencias
empíricas que
contradicen
creencias muy
arraigadas

"de sentido
comun"?



$$E = m c^2$$

Antes: 2 leyes "de fierro"

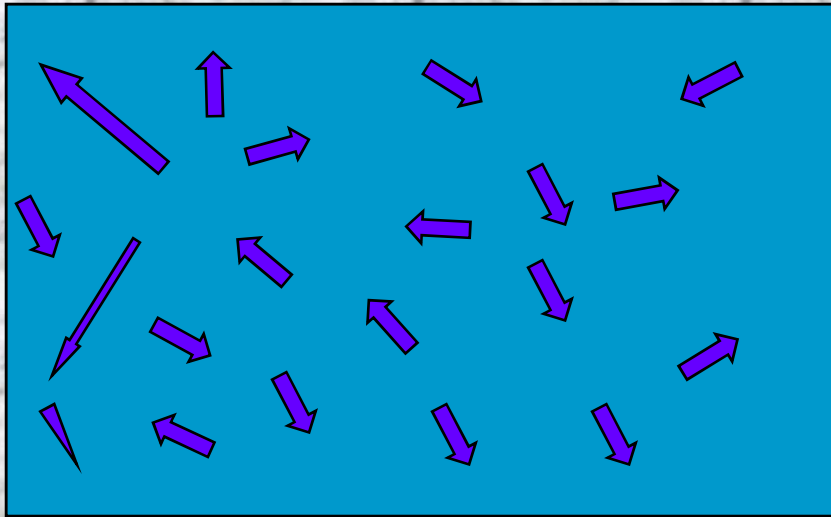
CONSERVACION DE LA MASA

- $F = m \cdot a$,
- masa  cantidad de materia
- puede: recombinarse
- cambiar de apariencia
- ocupar más o menos lugar
- **NO PUEDE: crearse o destruirse**

CONSERVACION DE LA ENERGIA

- Energía: capacidad de mover, deformar, calentar, es decir, producir un efecto sobre otro cuerpo.

- $E_{\text{cin}} = \frac{1}{2}mv^2$ $E_{\text{pot}} = mgh$



$$M = \text{cte}$$

$$E = \text{cte}$$

Relatividad: masa  energía

$$E = mc^2$$

energía  masa

Pero... De donde sale la relatividad??

dificil???

$$\nabla \cdot j = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

$$F_L = \rho E + \frac{1}{c} j \times B$$

imposible???

$$\begin{aligned} \nabla \cdot E &= 4\pi\rho & \nabla \times E &= -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t} \\ \nabla \cdot B &= 0 & \nabla \times B &= \frac{4\pi}{c} j + \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} \end{aligned}$$

$$\frac{d}{dt} (E_{mec} + E_{em}) = - \oint_{s(v)} S \cdot da$$

$$E_{em} = \frac{1}{8\pi} \iiint_V (E^2 + B^2) dv$$

$$S = \frac{c}{4\pi} E \times H$$

$$\nabla_x^2 G(x, t; x', t') = -4\pi \delta(x - x') \delta(t - t')$$

$$G(x, t; x', t') = \frac{\delta\left[t' - \left(t \mp \frac{|x - x'|}{c}\right)\right]}{|x - x'|}$$

AAAAAhhhhhhhhhh

ONDAS ELECTROMAGNETICAS...LUZ, RADIO,
COMUNICACIONES, RAYOS X

Nein, el origen de la relatividad tiene que ver con



Cinematica: relaciones $e - t - v$

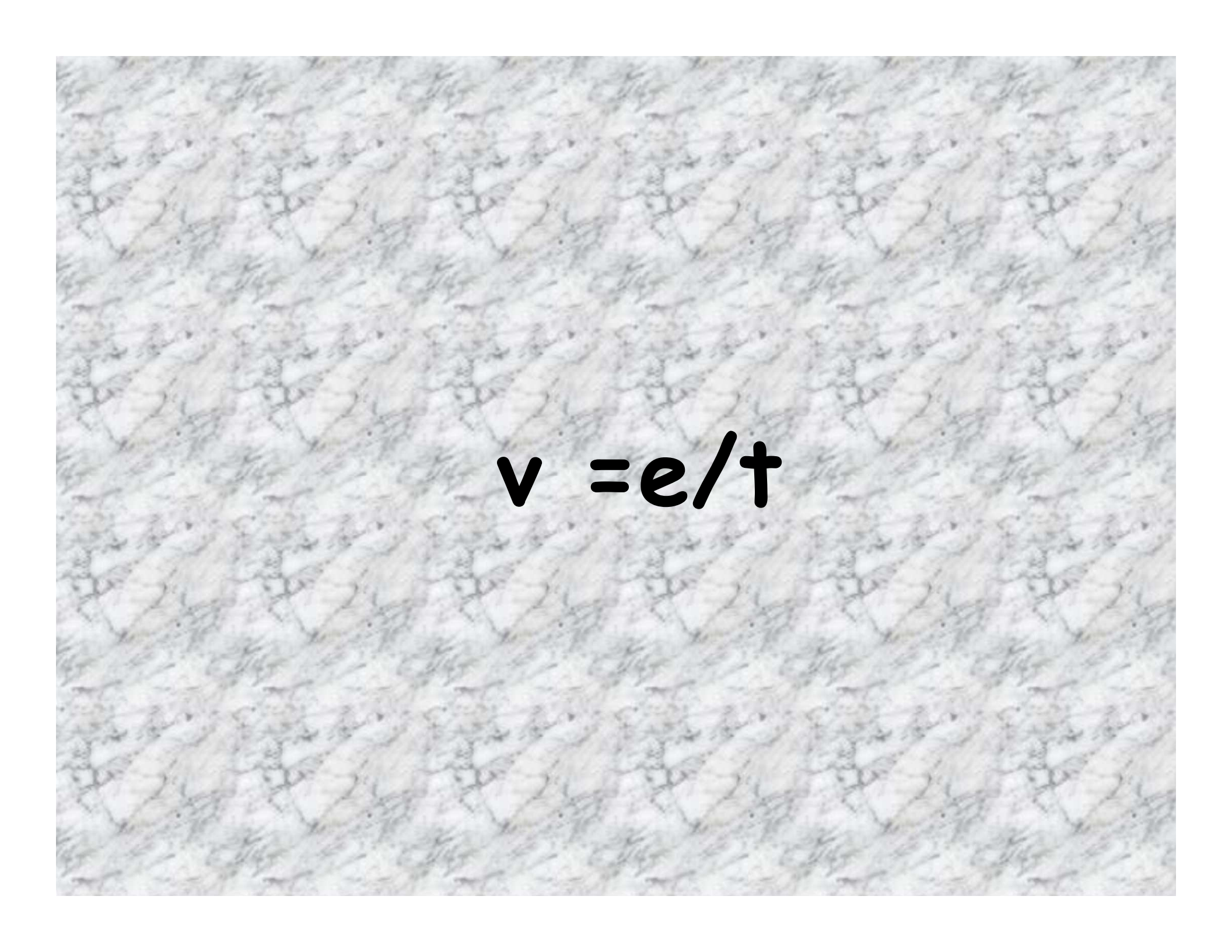
MU $v = e/t$ $e = v.t$ $t = e/v$ sus 3 fórmulas

MUV $e = v_0.t + \frac{1}{2}a.t^2$

Dinamica: $F = m.a$

Fuerzas: gravitatoria/electrica y magnetica,
nuclear, debil...

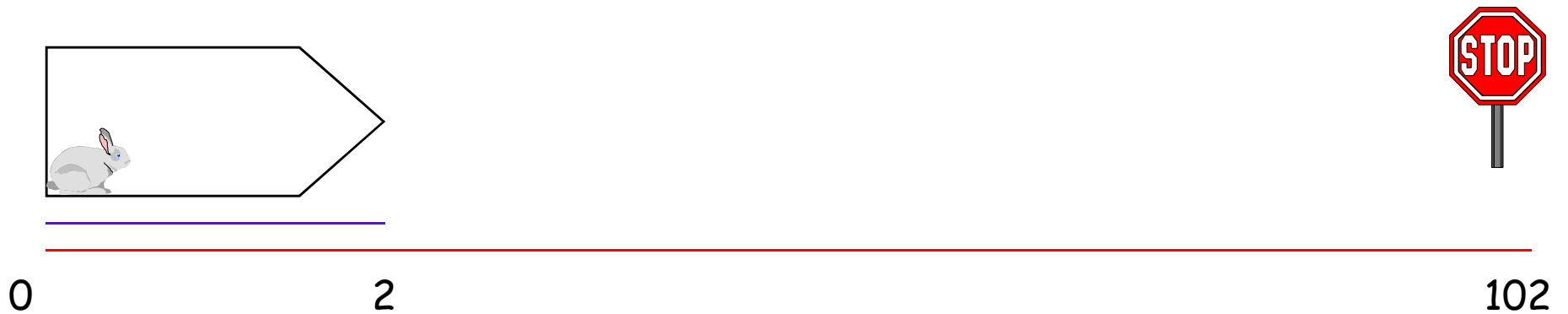
ocupacion de los fisicos

The background of the image is a dense, repeating pattern of marbled paper. The pattern consists of irregular, swirling shapes in shades of light beige, cream, and pale grey, creating a complex, organic texture. The overall effect is reminiscent of traditional hand-marbled paper used in bookbinding.
$$v = e/t$$

Cosa fácil: ley de composición de las velocidades

$v(\text{conejo})=1 \text{ km/h}$

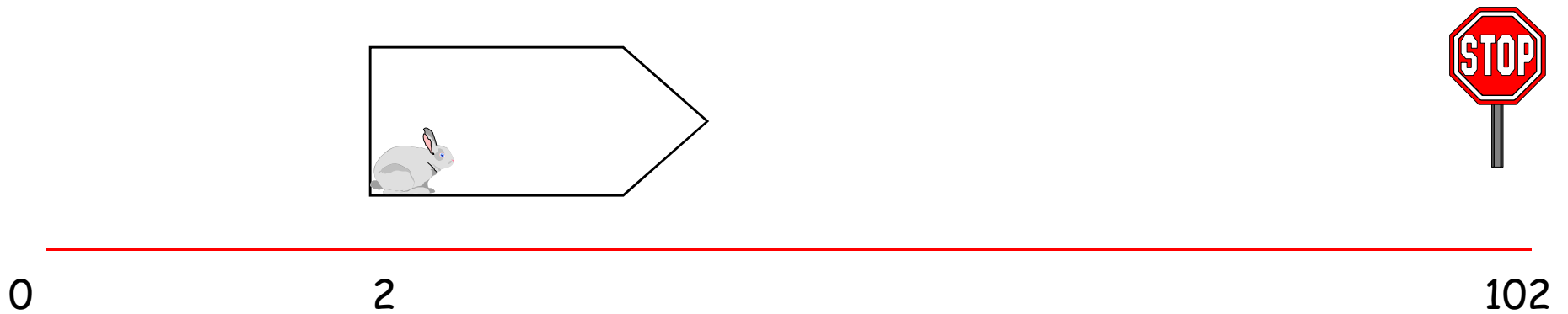
$v(\text{tren})=50 \text{ km/h}$



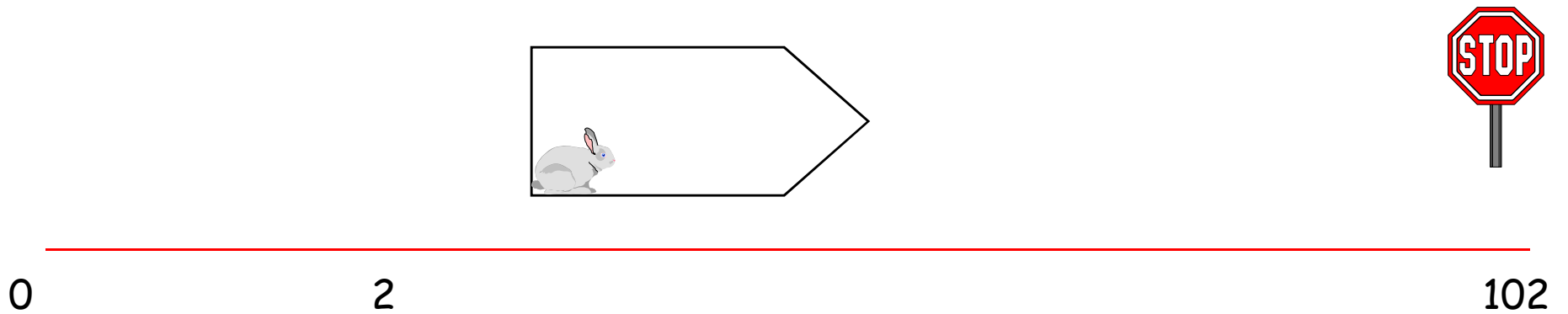
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



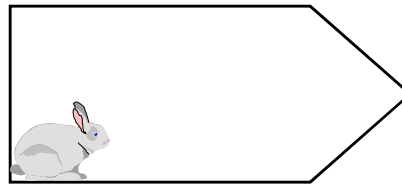
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades

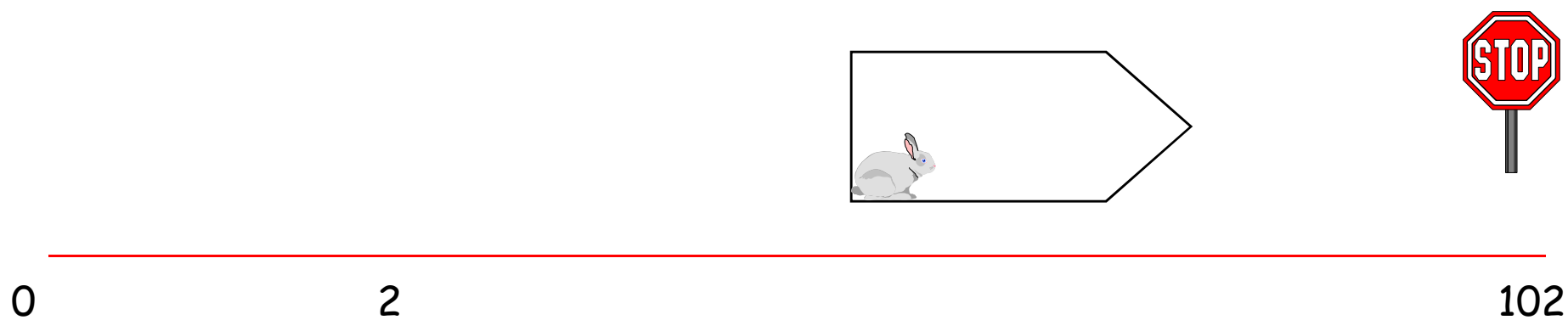


0

2

102

Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



$$t = (100 \text{ km}) / (50 \text{ km/h}) = 2 \text{ h}$$

Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



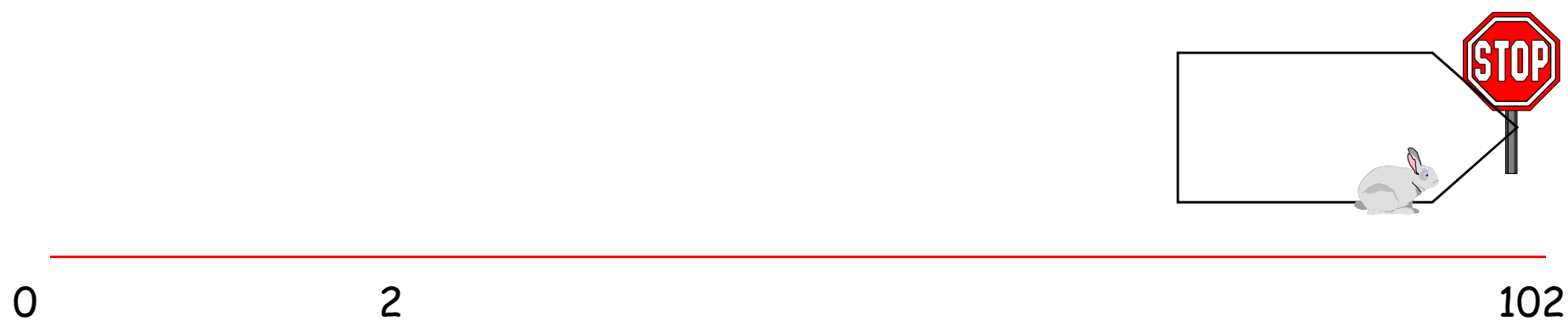
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



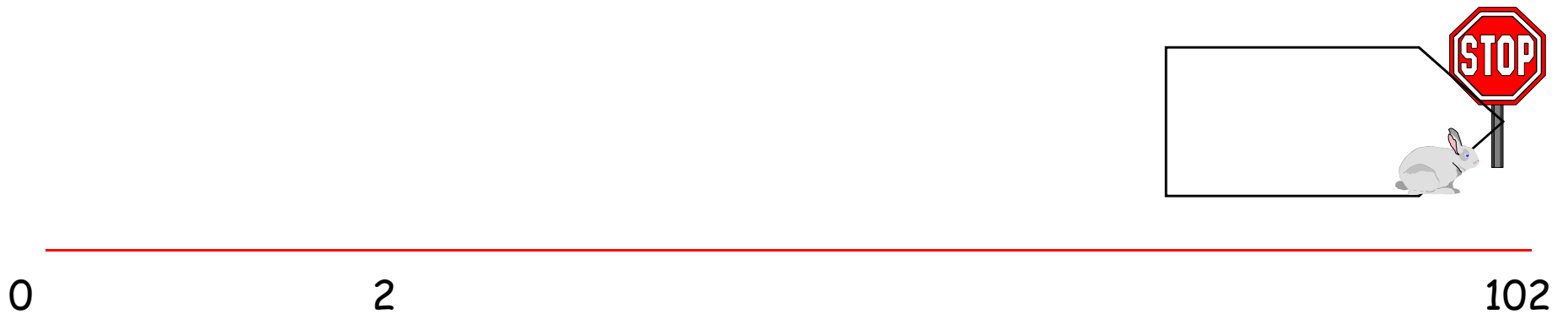
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades

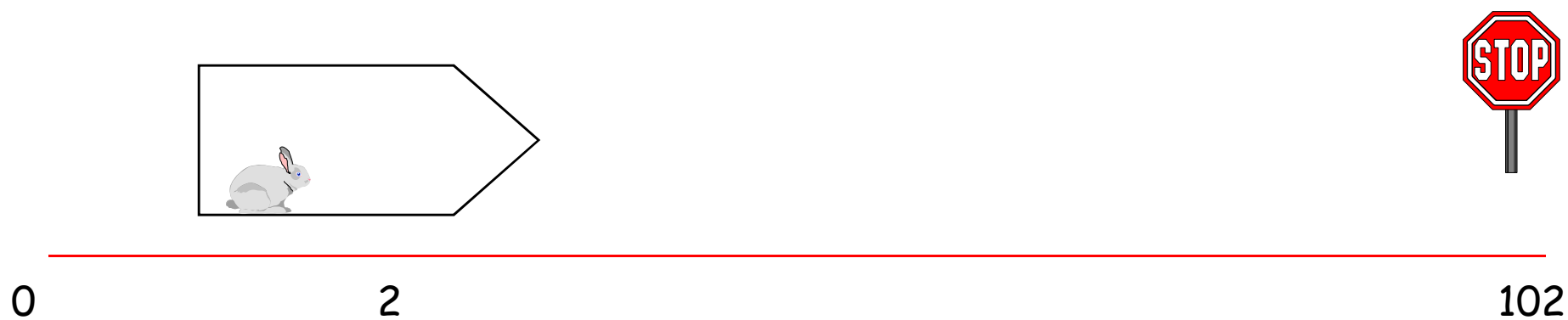


$$t = 2\text{km} / (1\text{km/h}) = 2\text{h} \quad \text{Total} = t + t = 4\text{h}$$

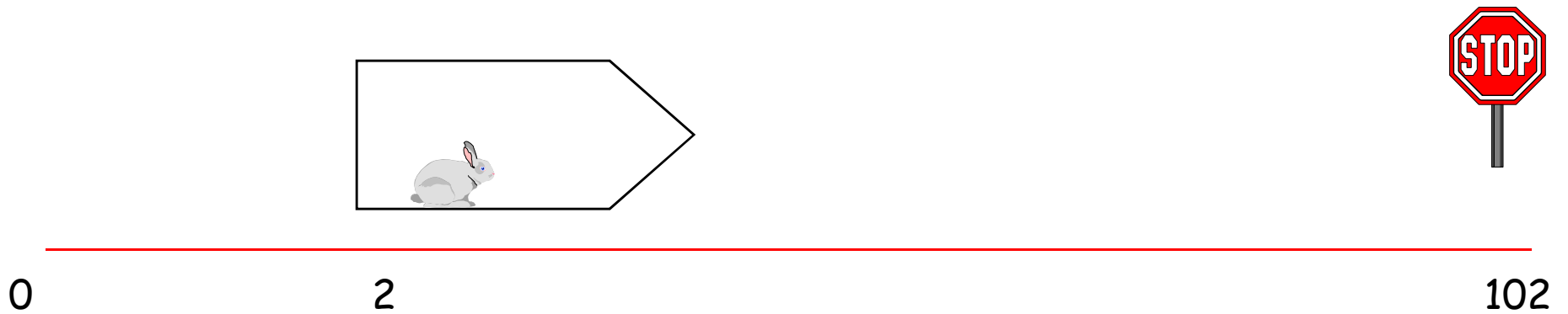
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



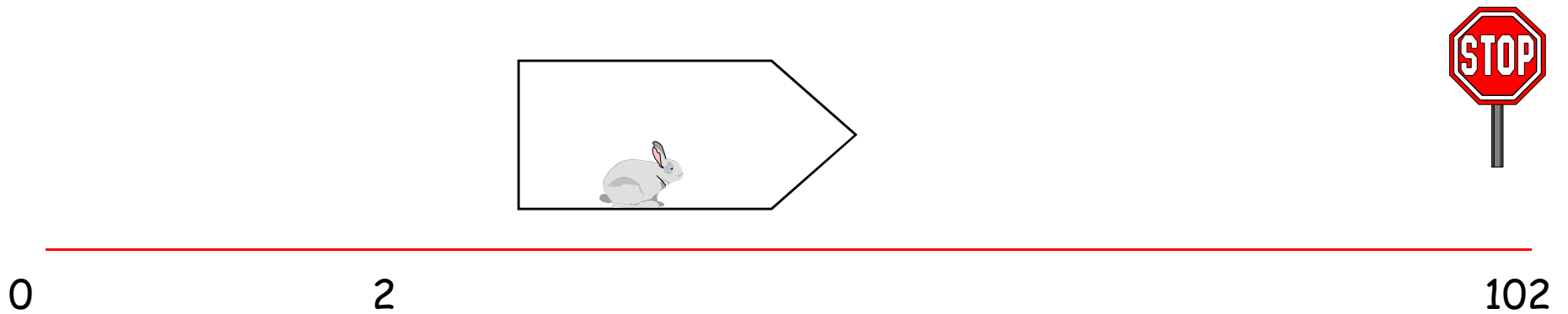
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



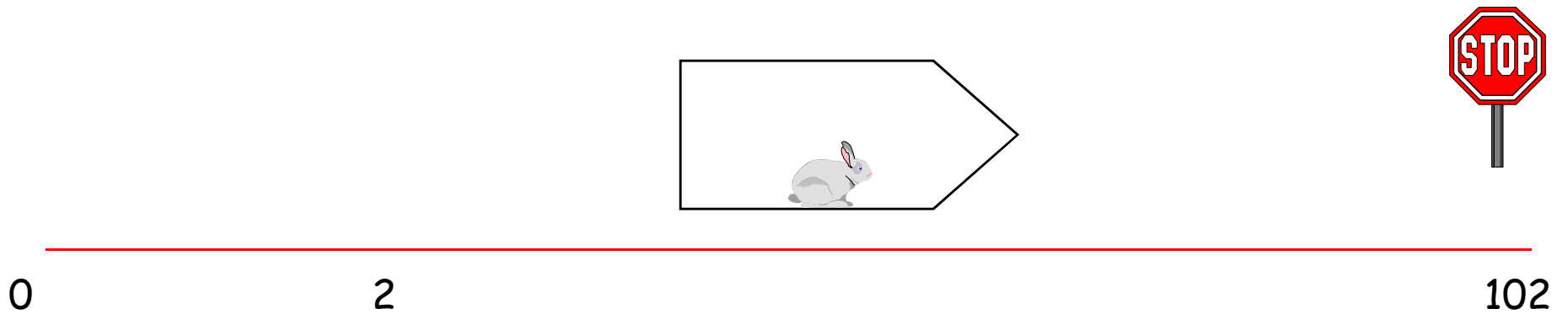
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



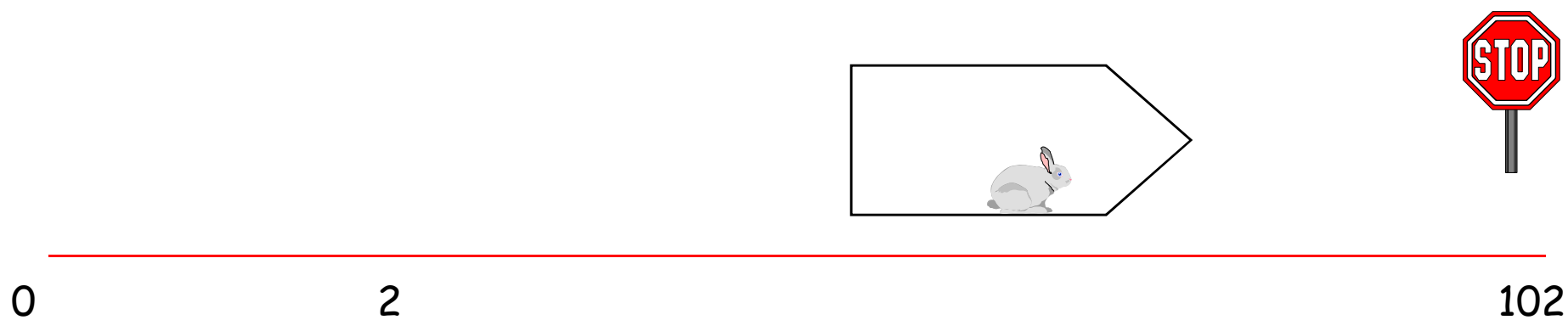
Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades



Cosa fácil: ley de composición de las velocidades

$$\text{Total} = 2 \text{ h}$$

$$v(\text{conejo}) = 102\text{km}/2\text{h} = 51\text{km}/\text{h} = (50 + 1)\text{km}/\text{h}$$

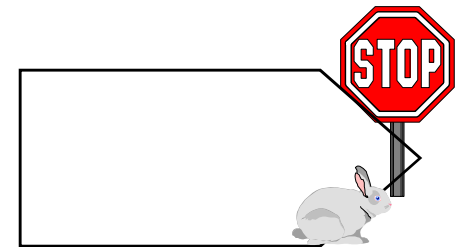
$$v(\text{conejo}) = v(\text{tren}) + v(\text{conejo}/\text{tren})$$

$$v(\text{total}) = v + v$$

0

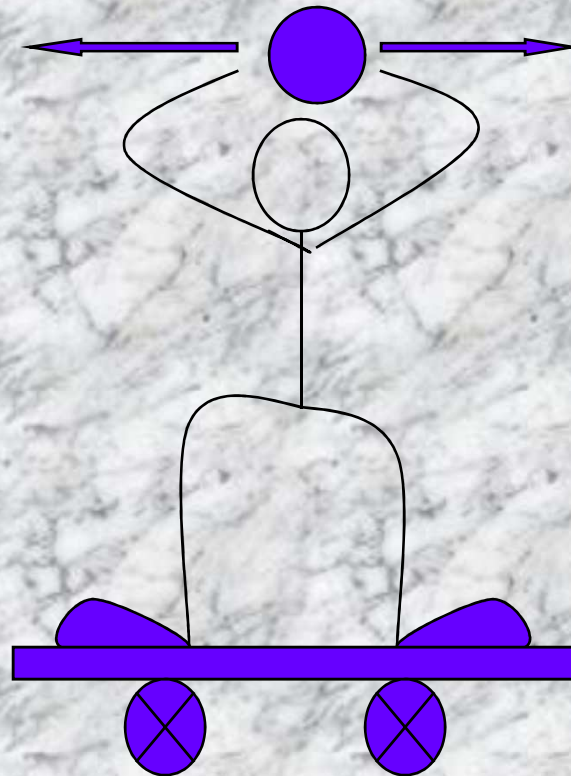
2

102



340m/s

340m/s

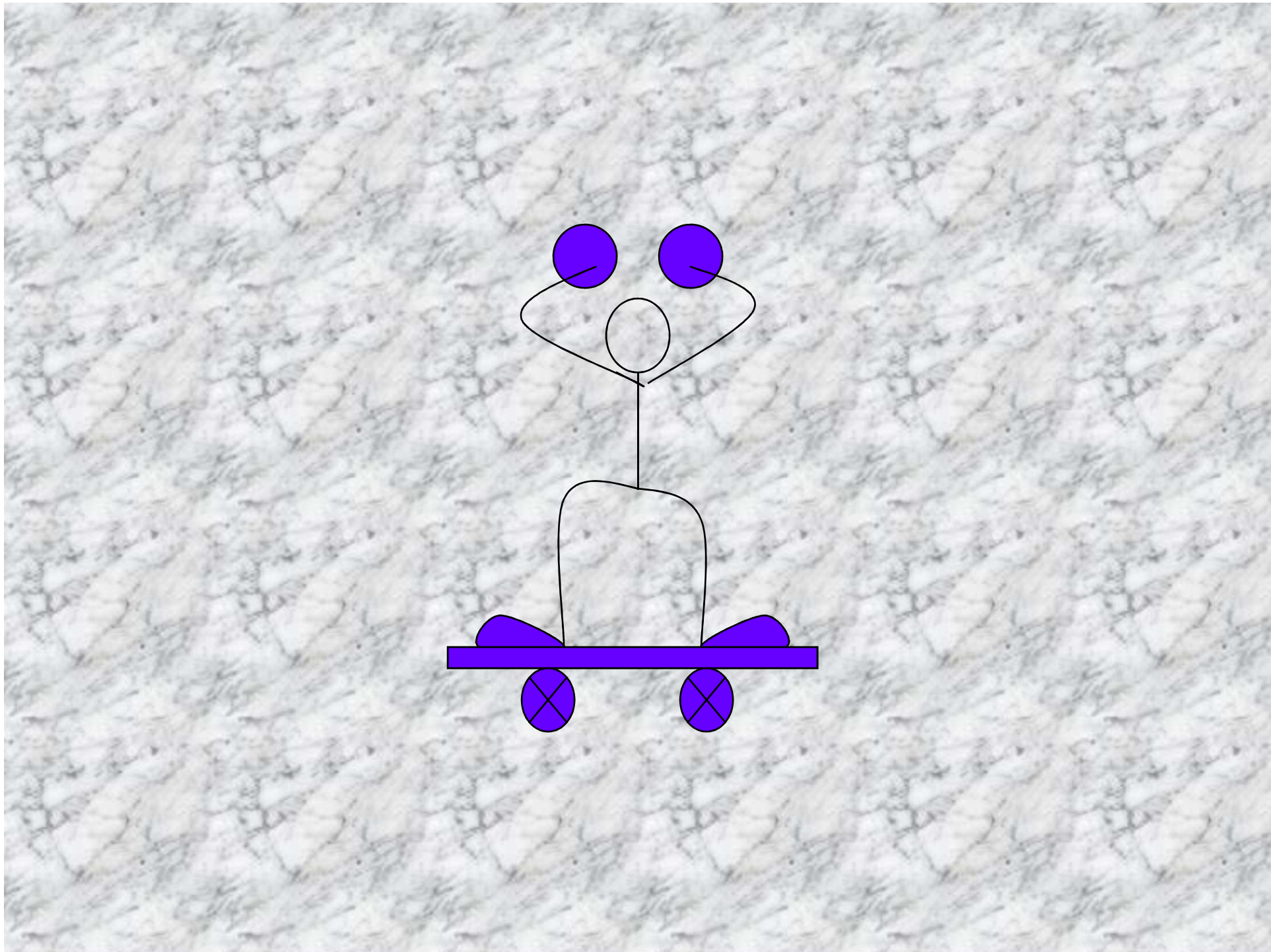


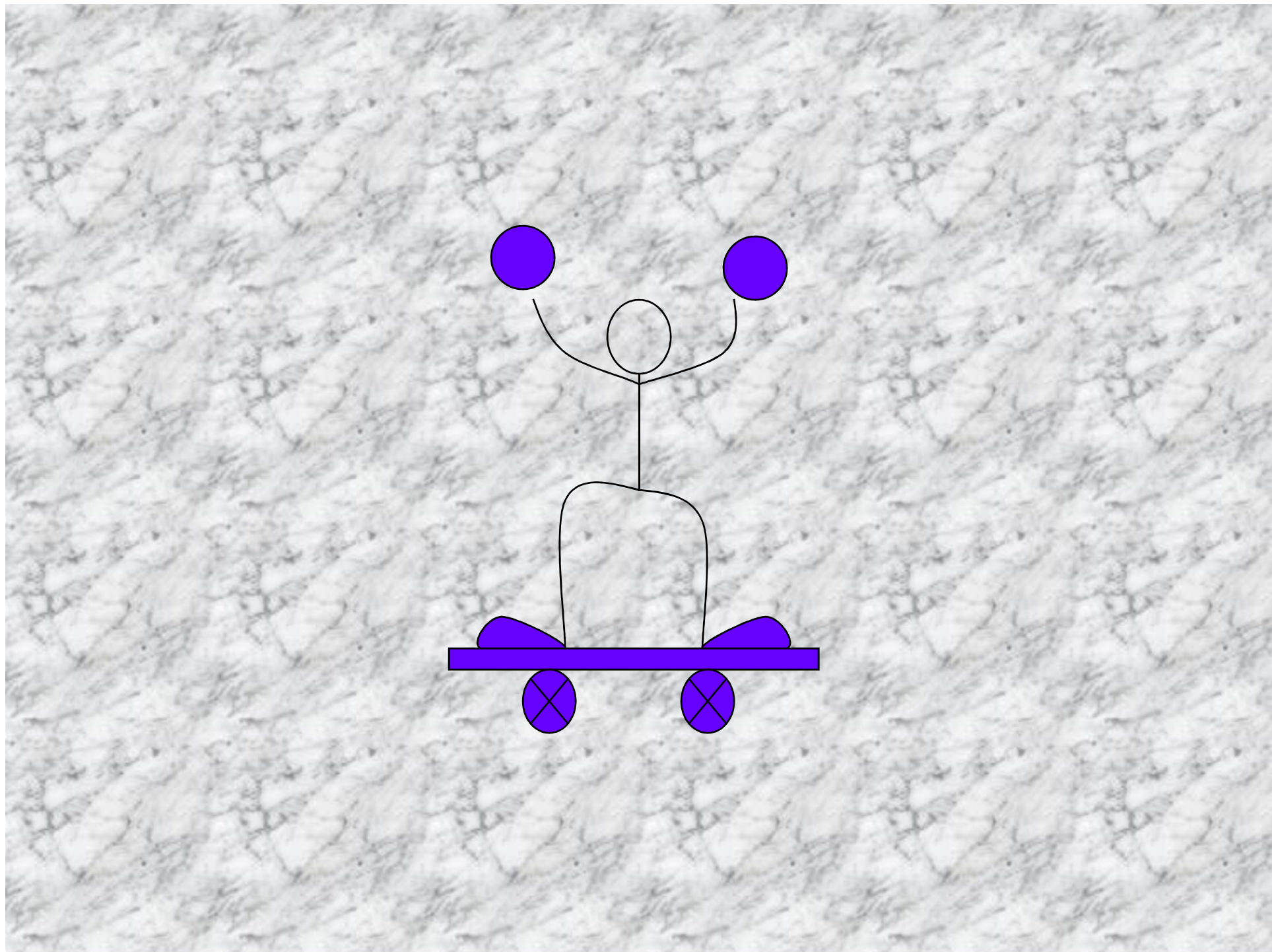
Comparemos esta ley en 2 casos

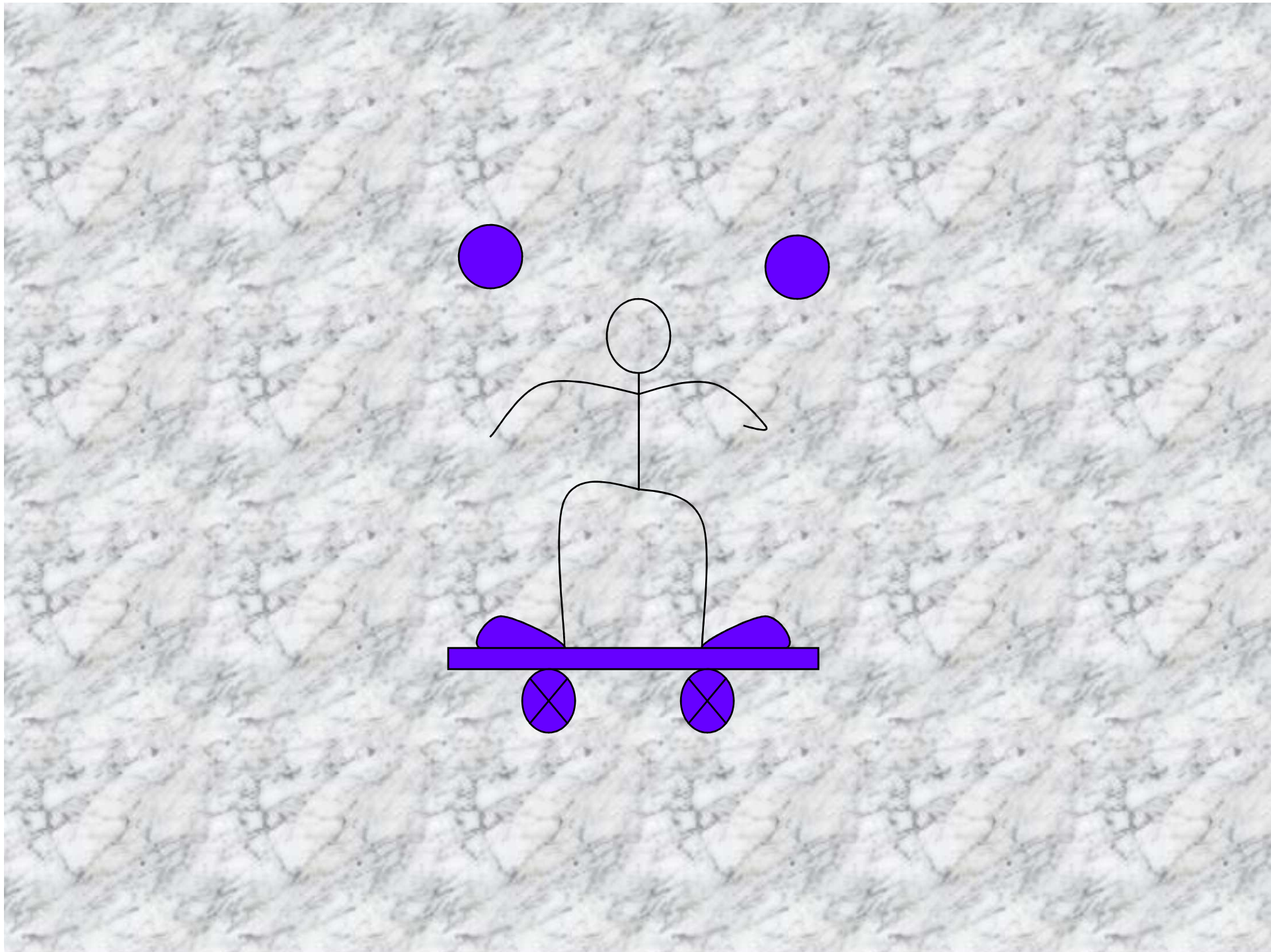
lanzar pelotas

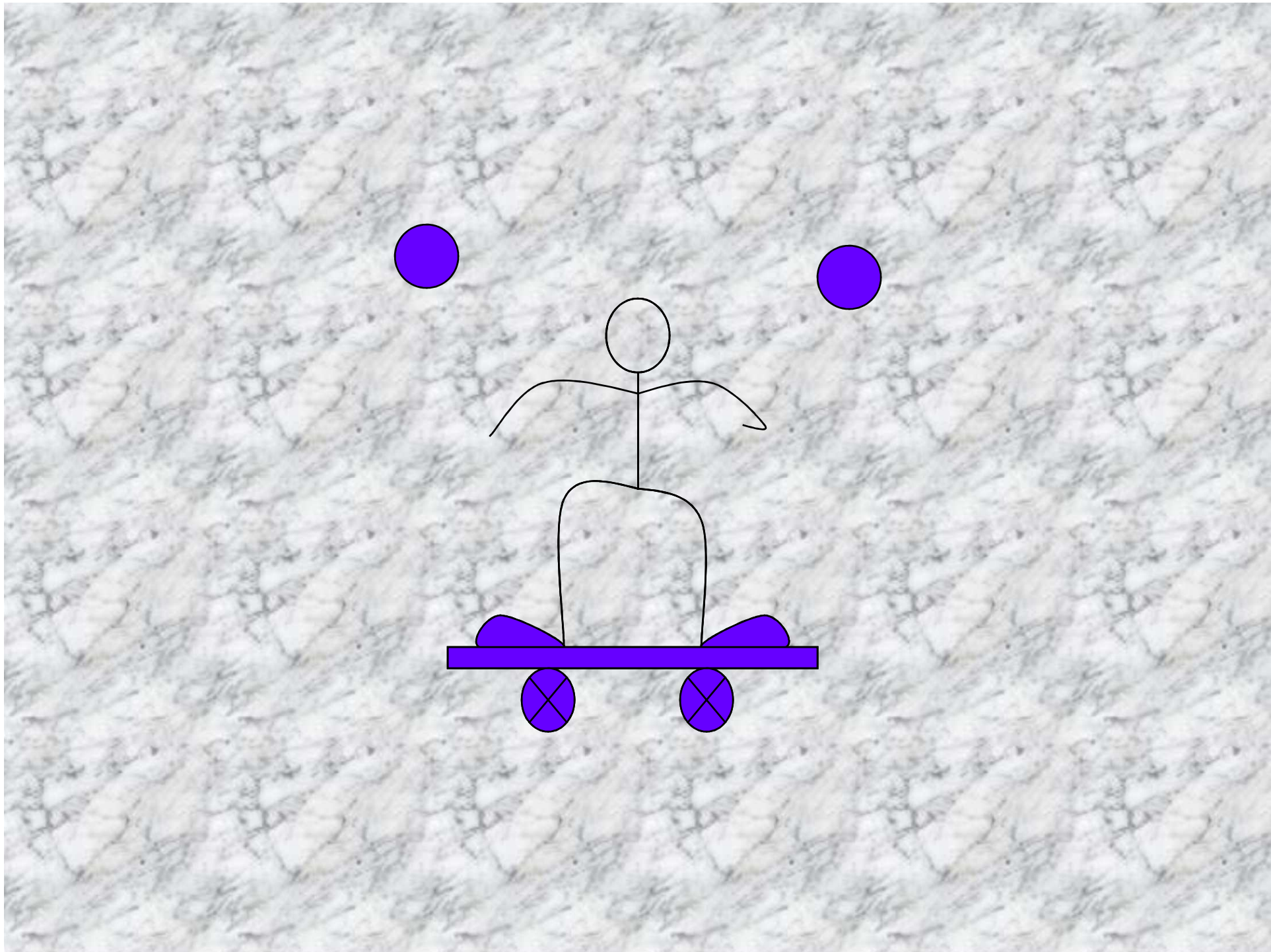
vs.

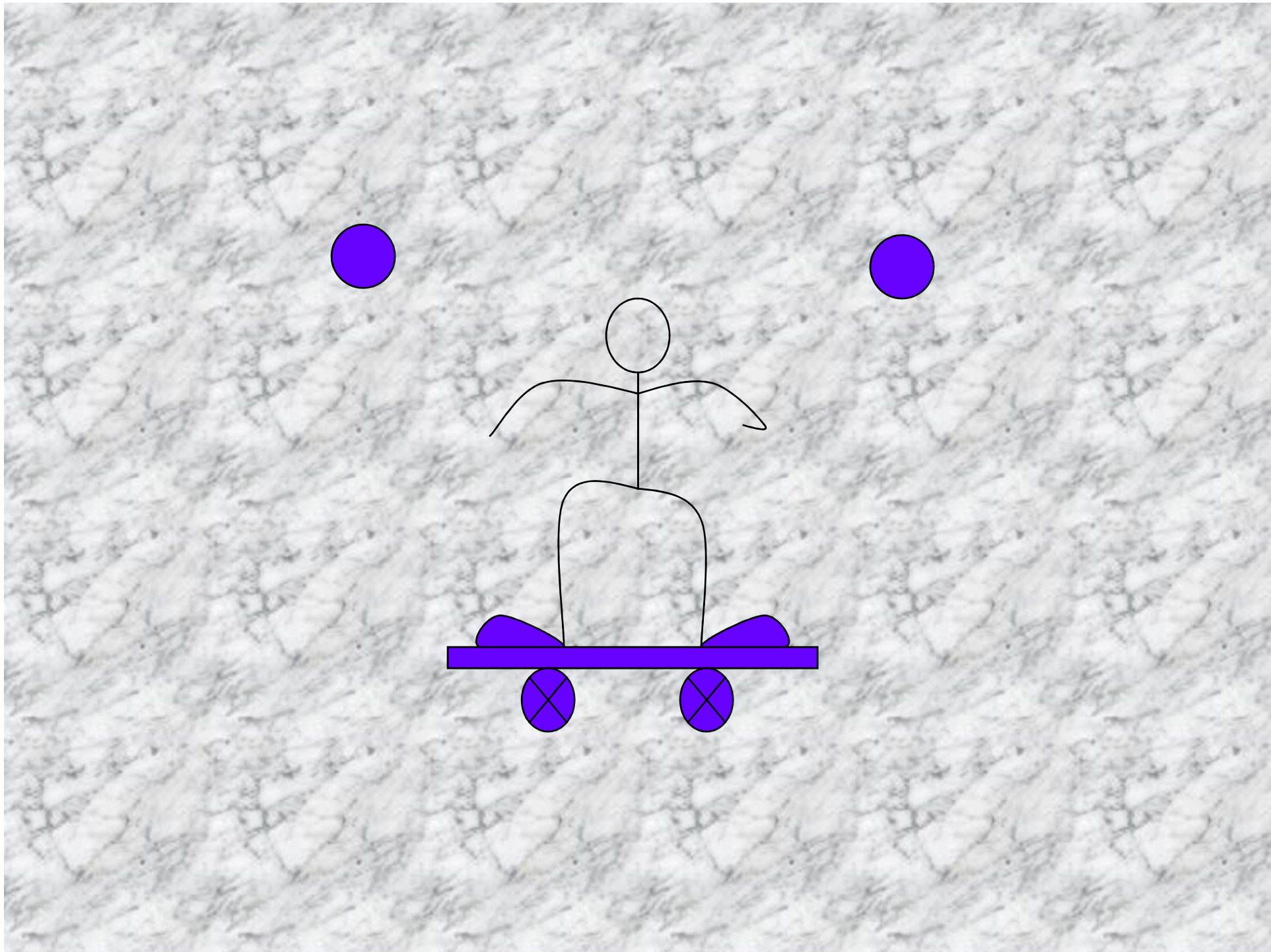
emitir ondas

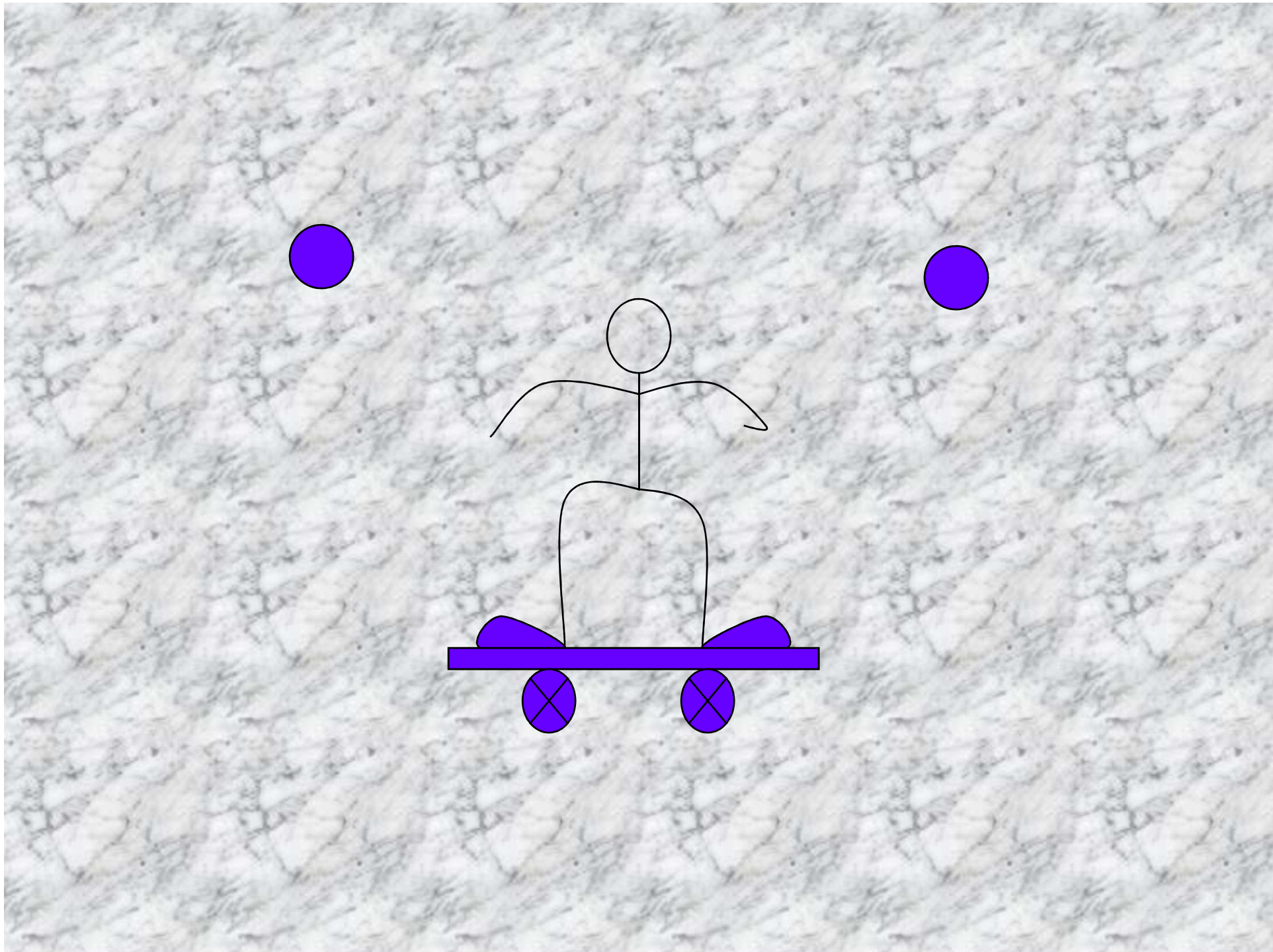


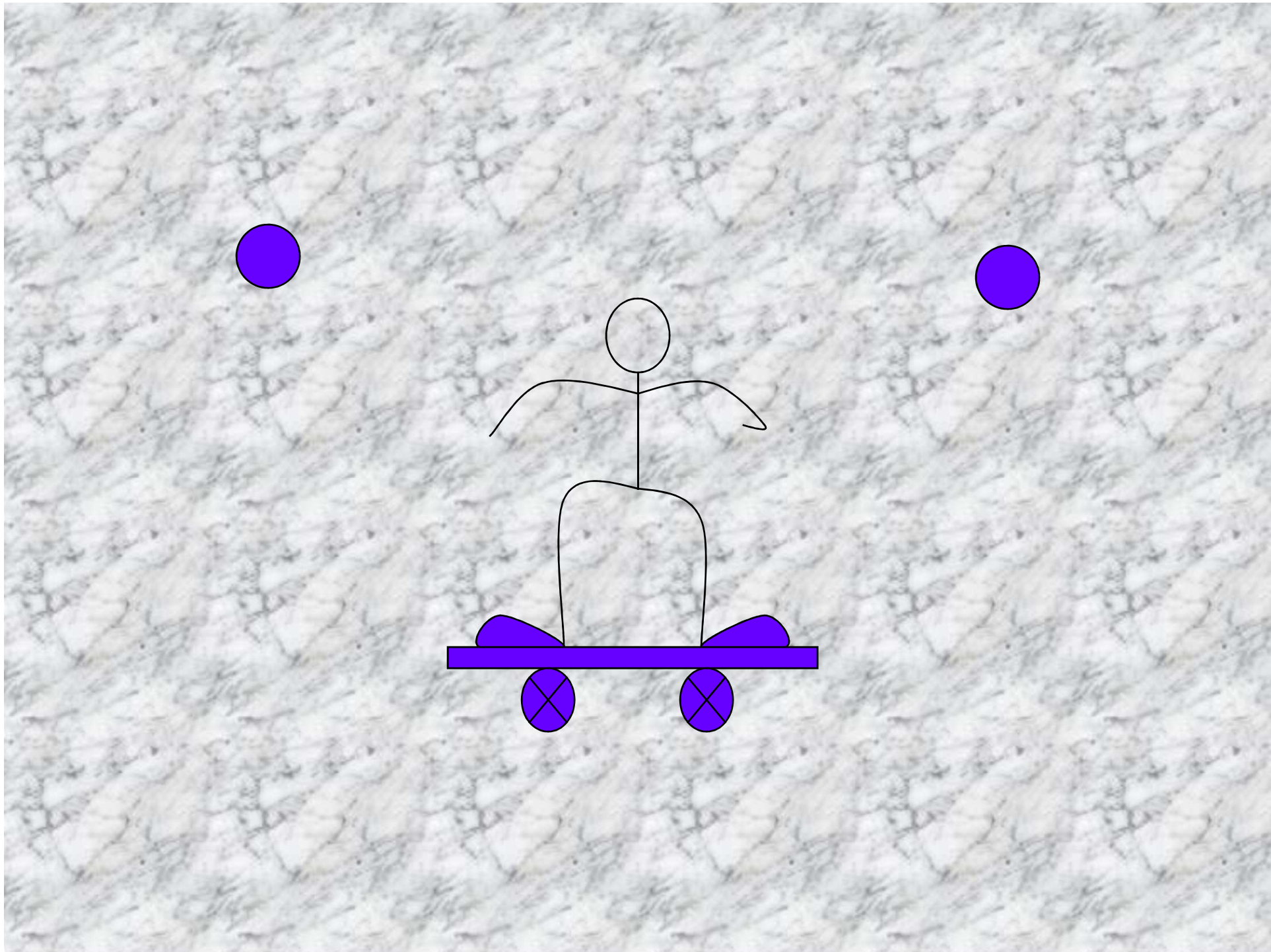


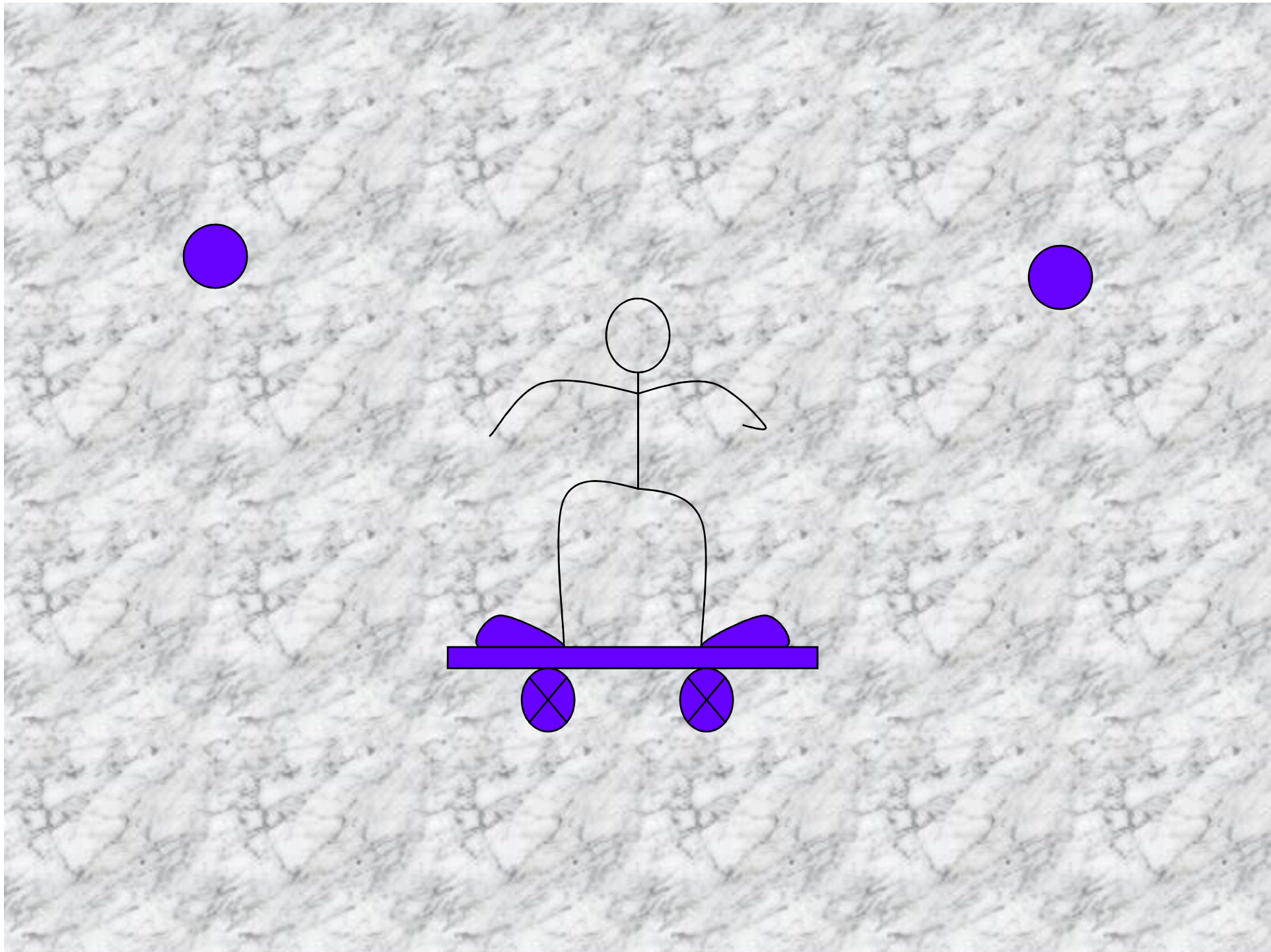


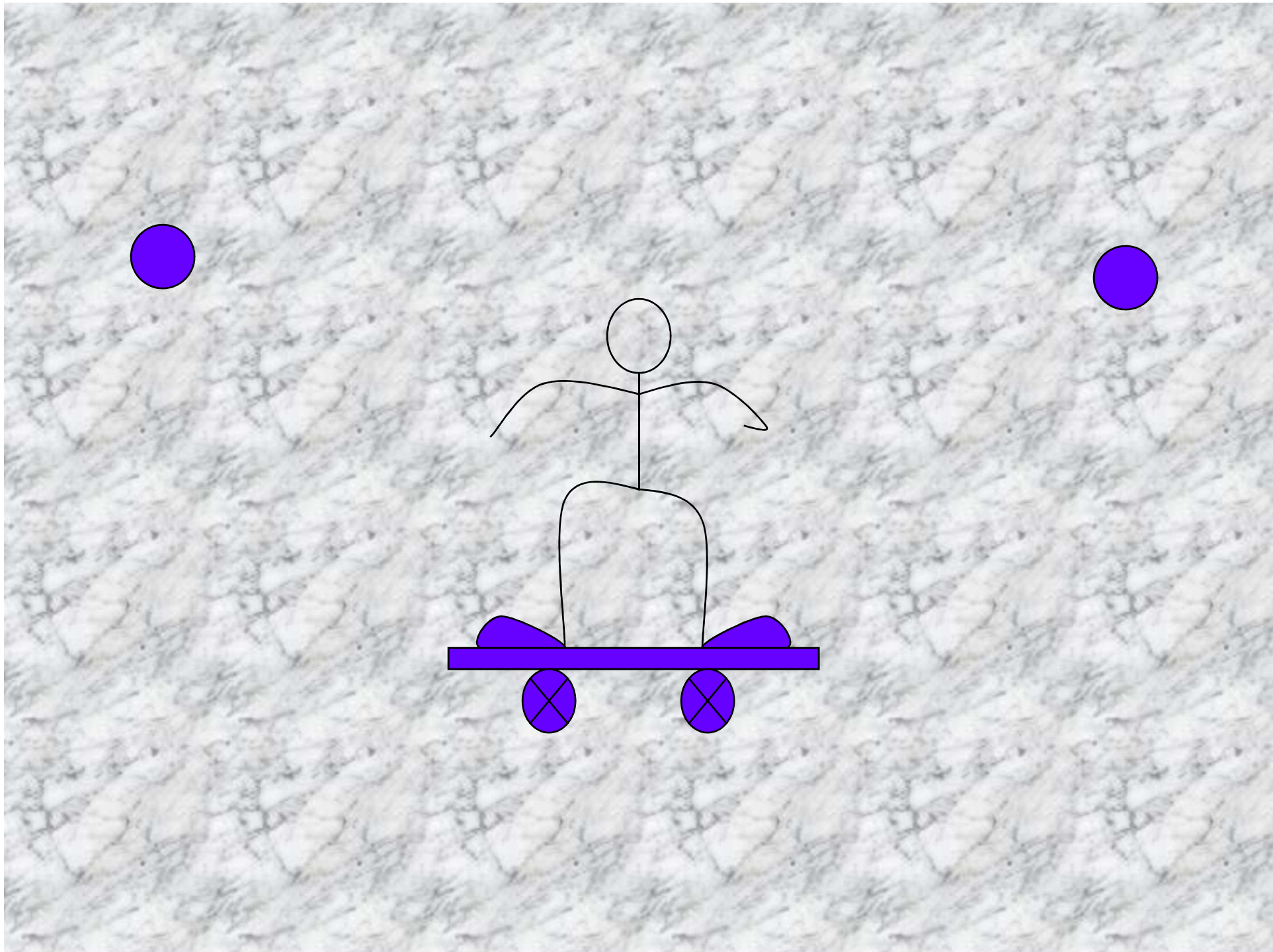


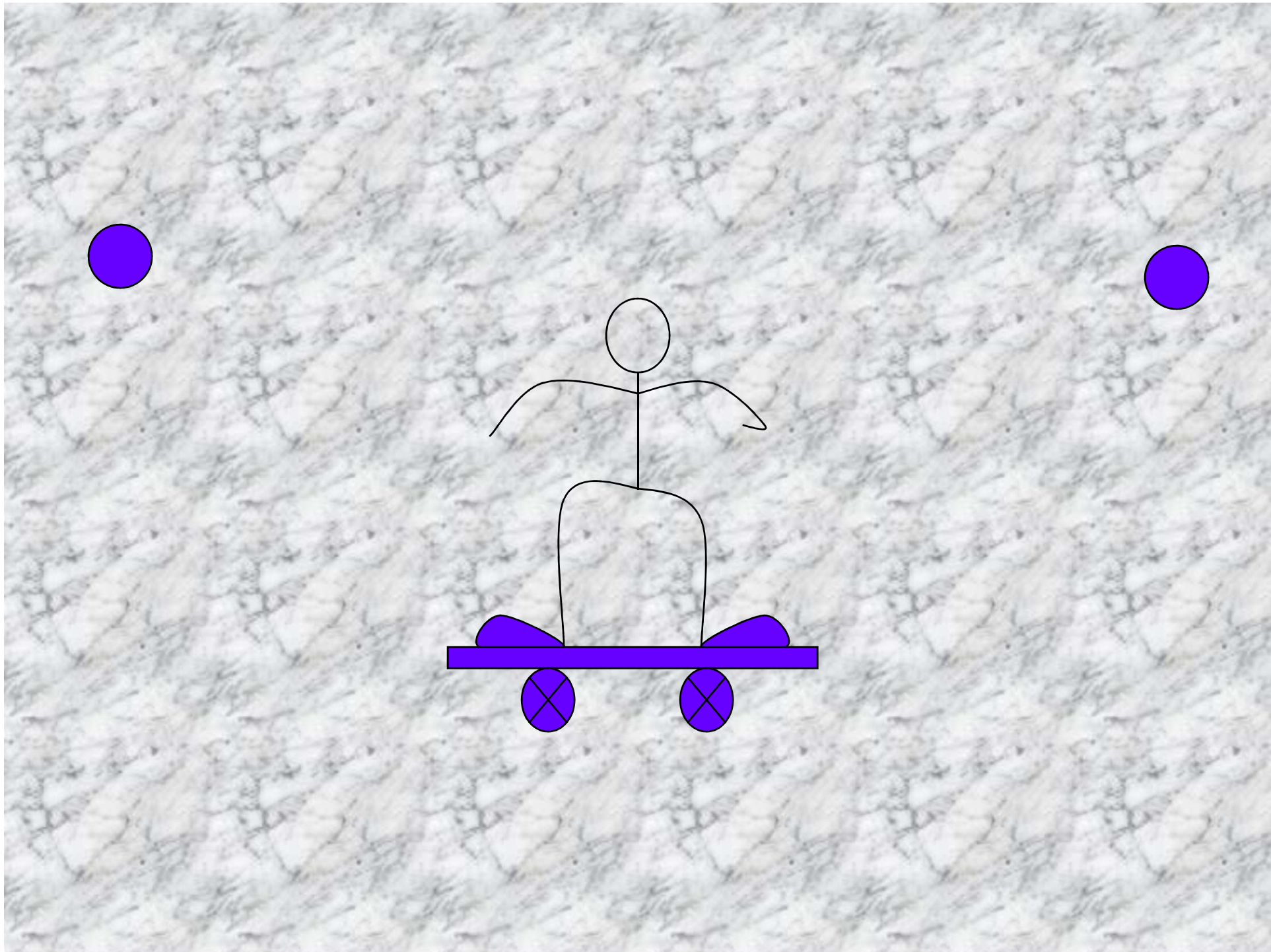


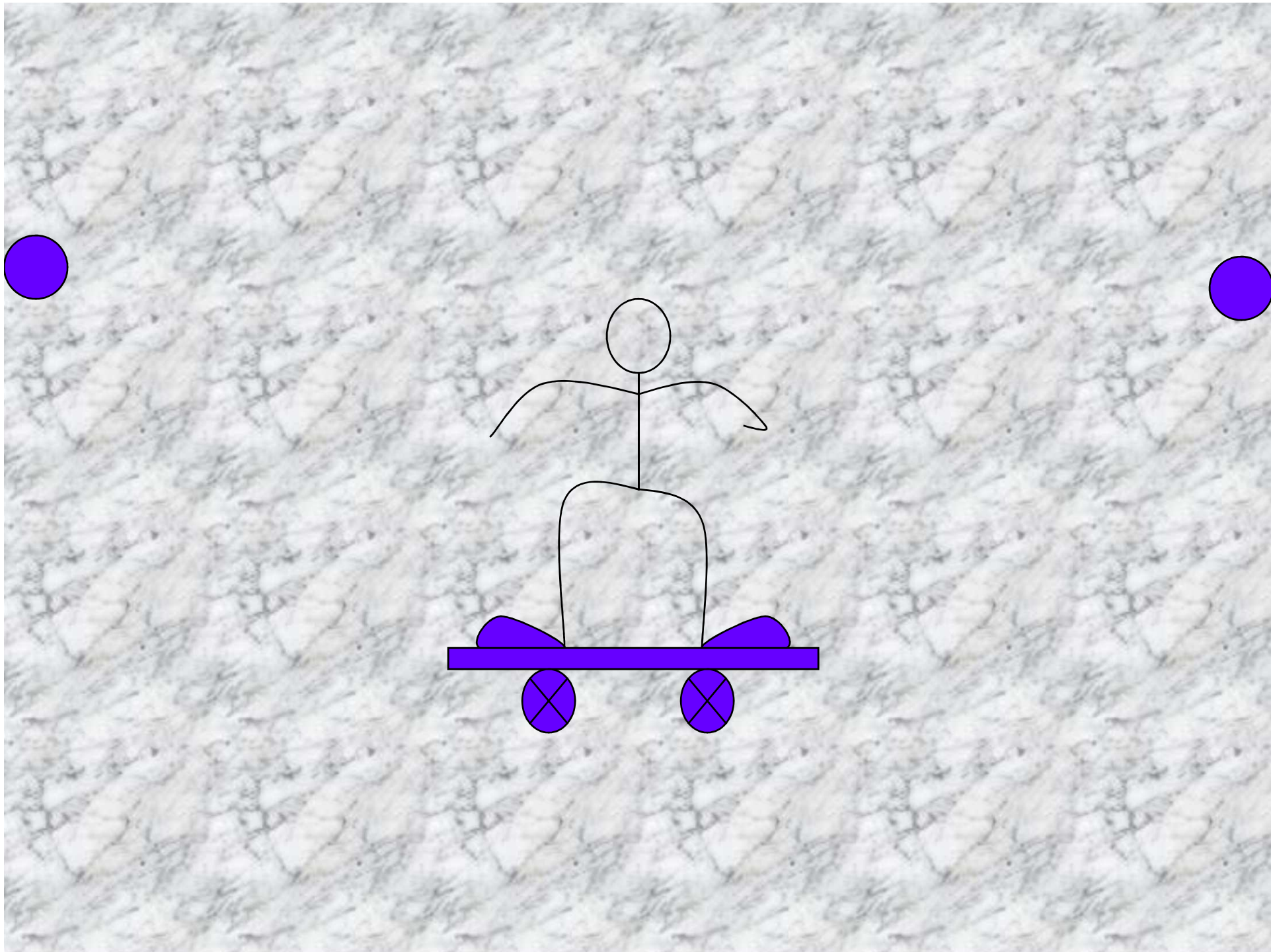


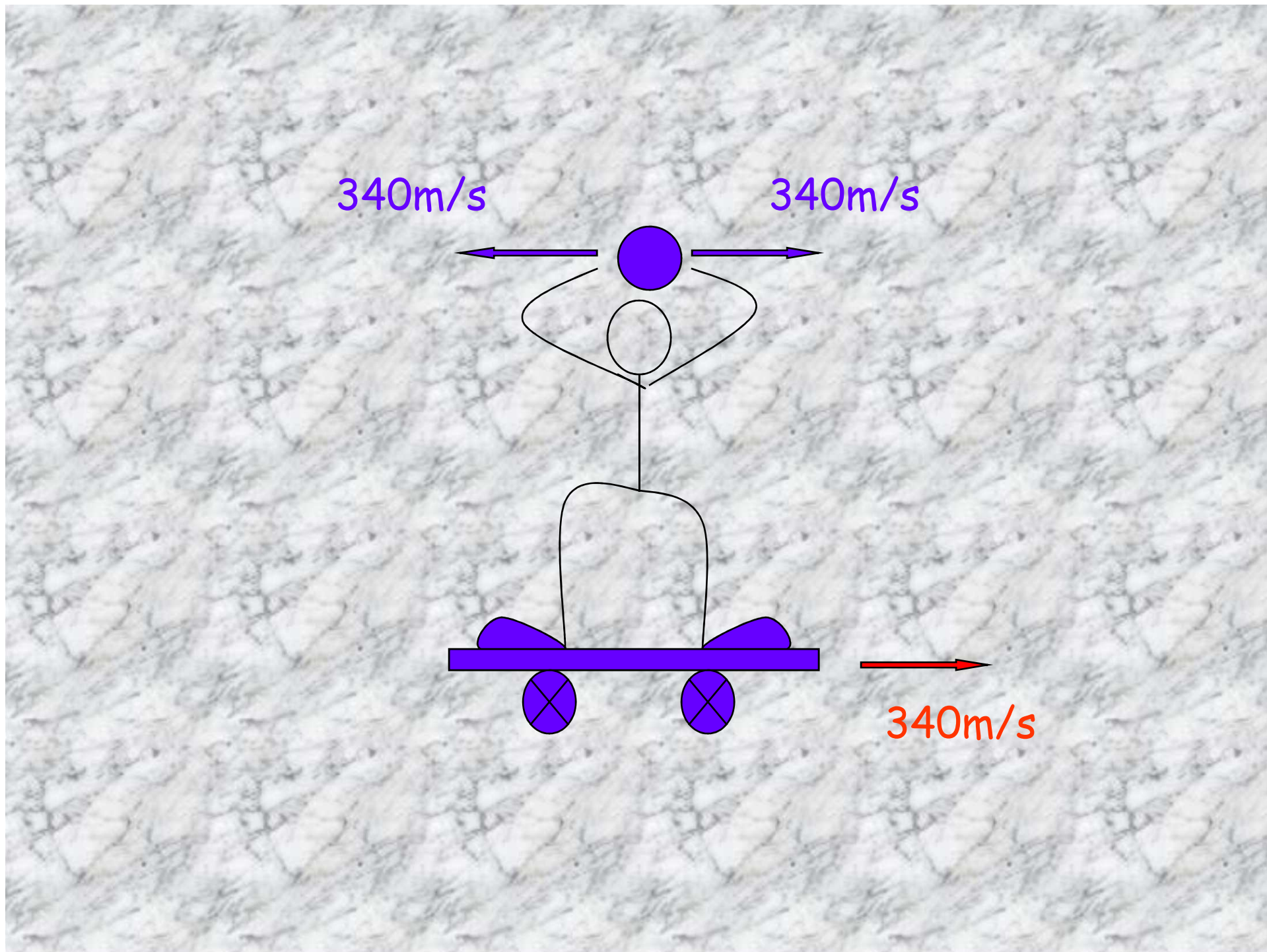






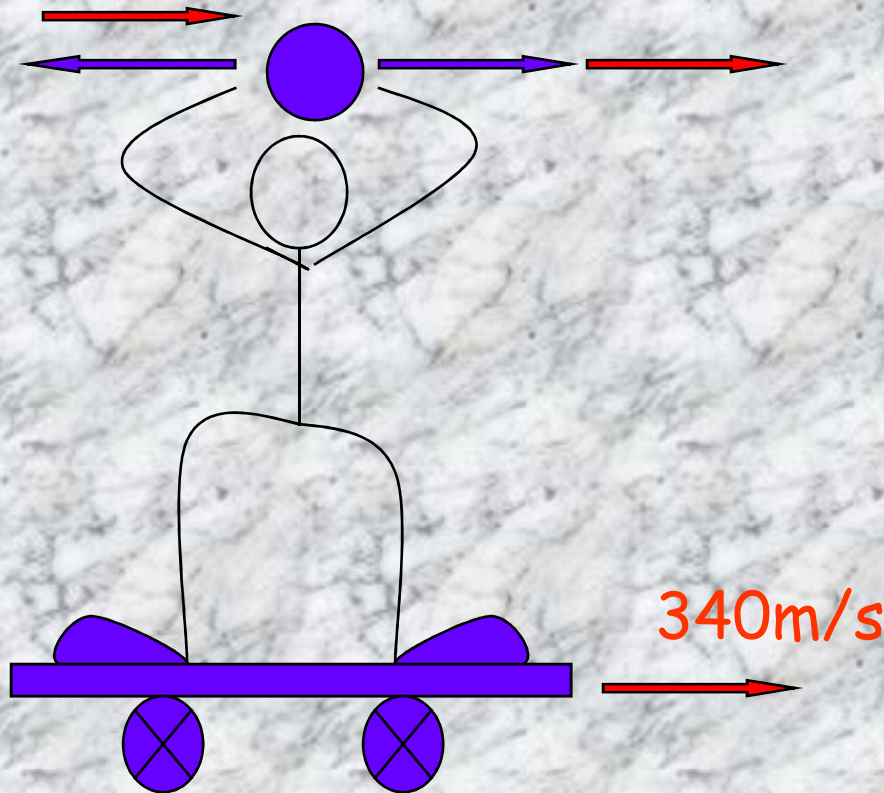




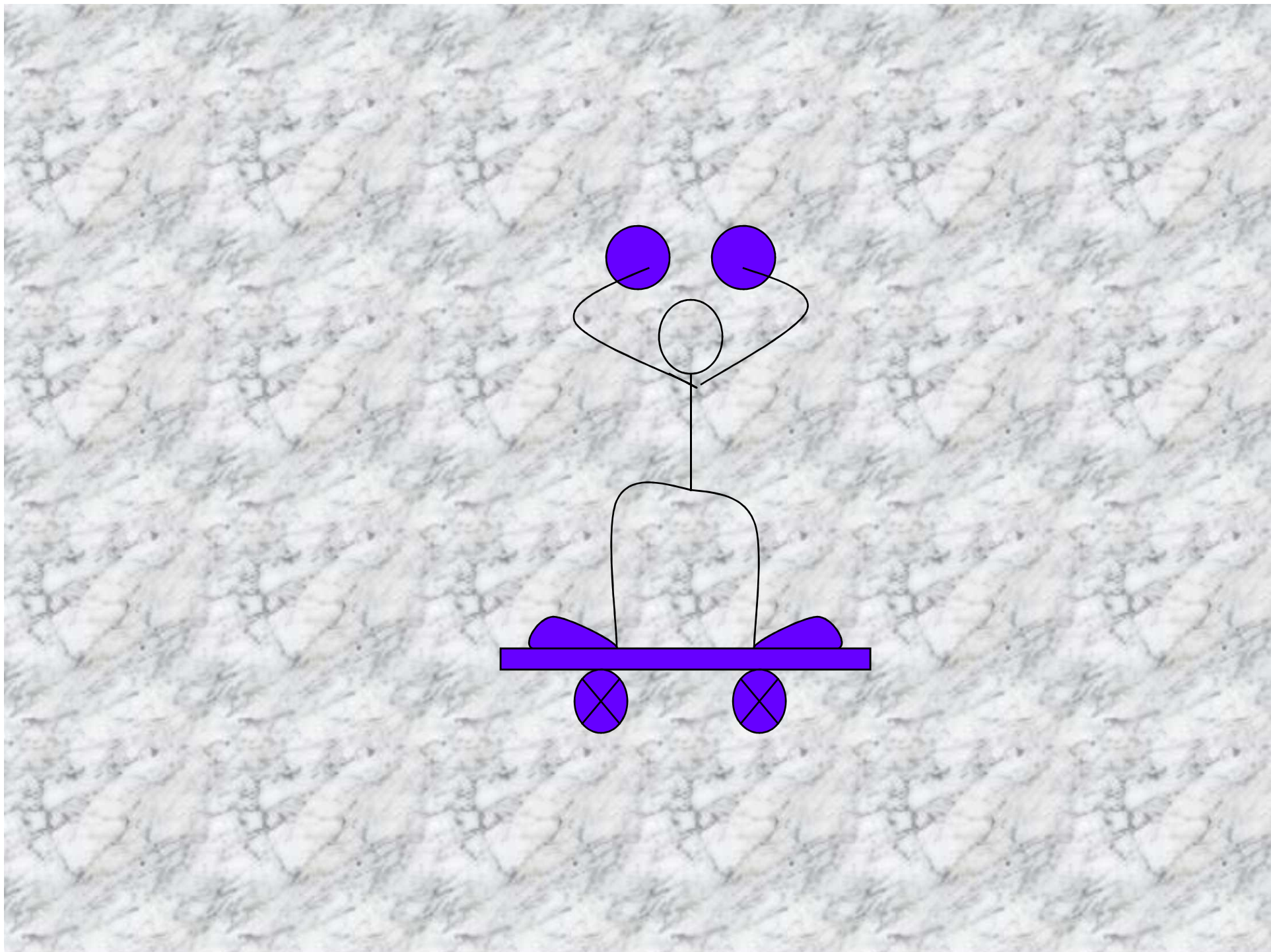


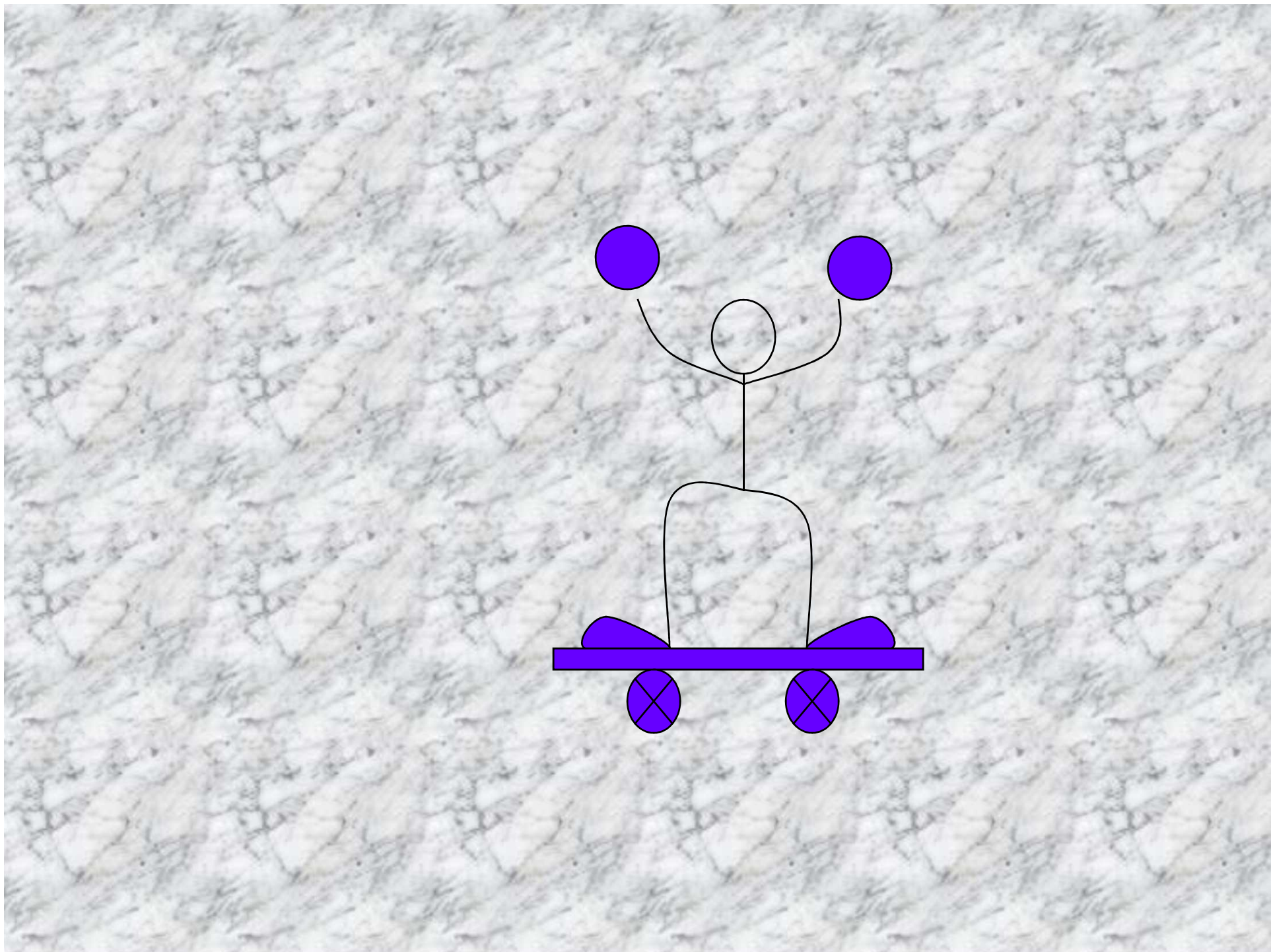
$$340\text{m/s} - 340\text{m/s} = 0$$

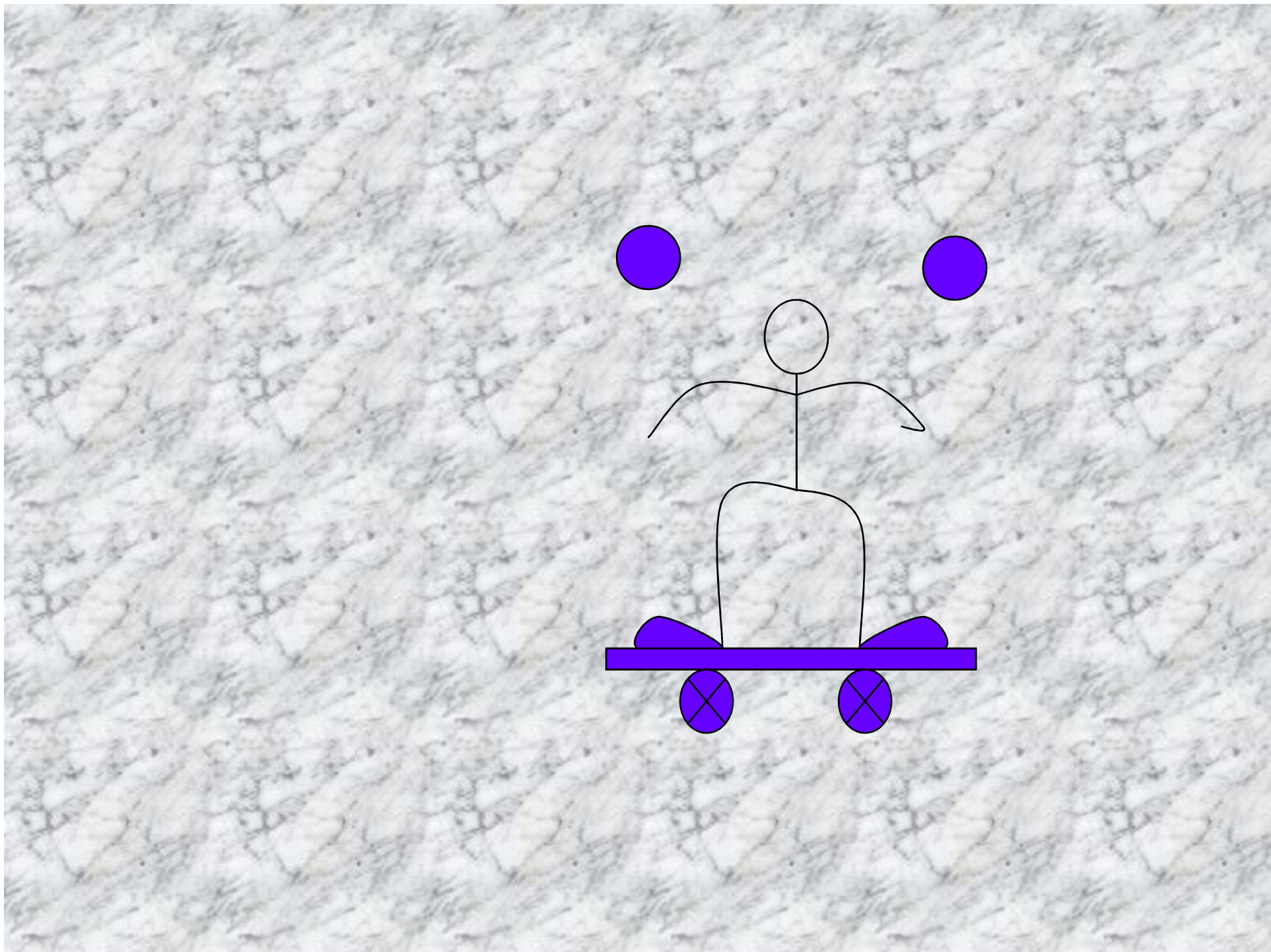
$$340\text{m/s} + 340\text{m/s} = 680\text{m/s}$$

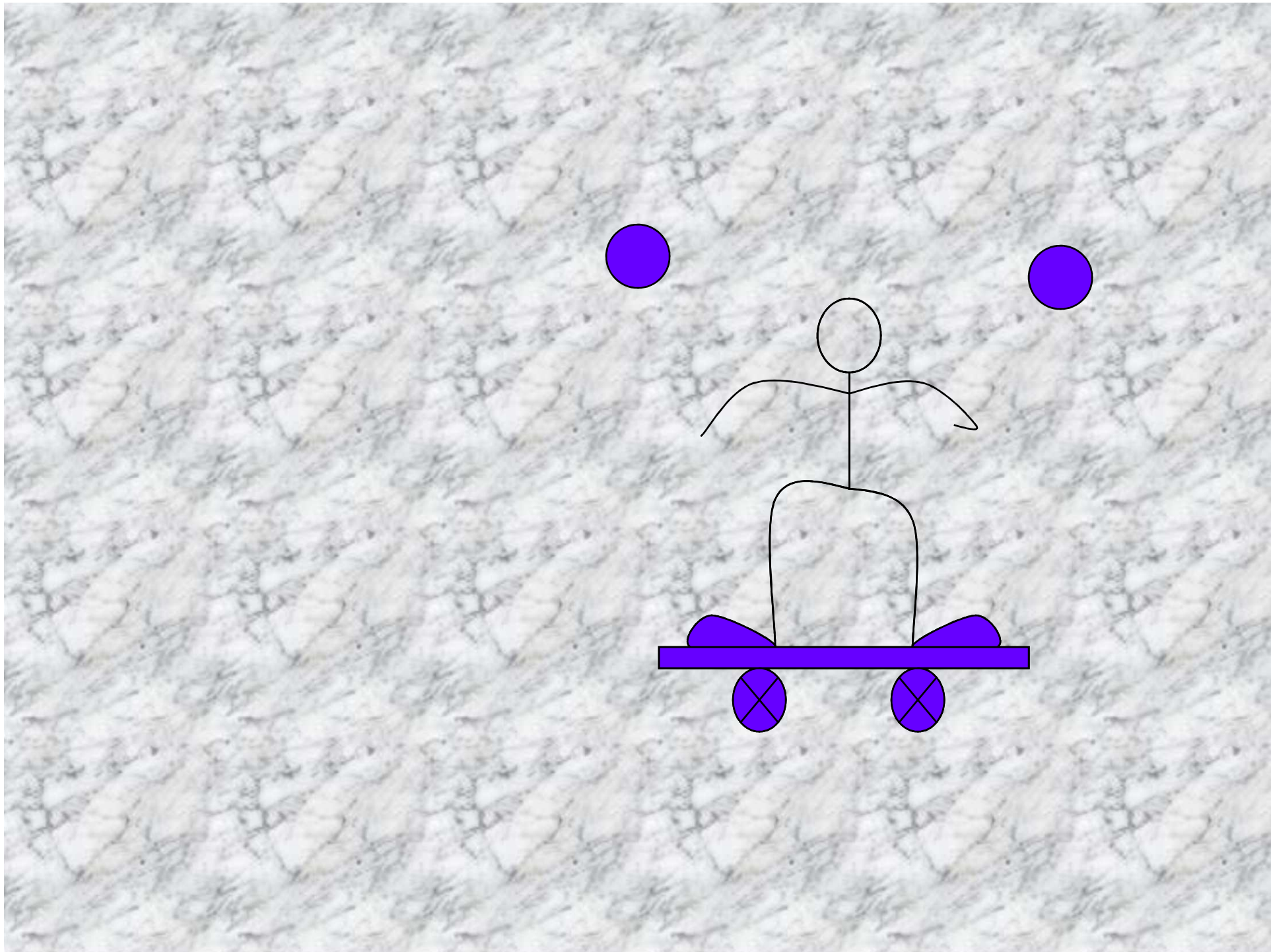


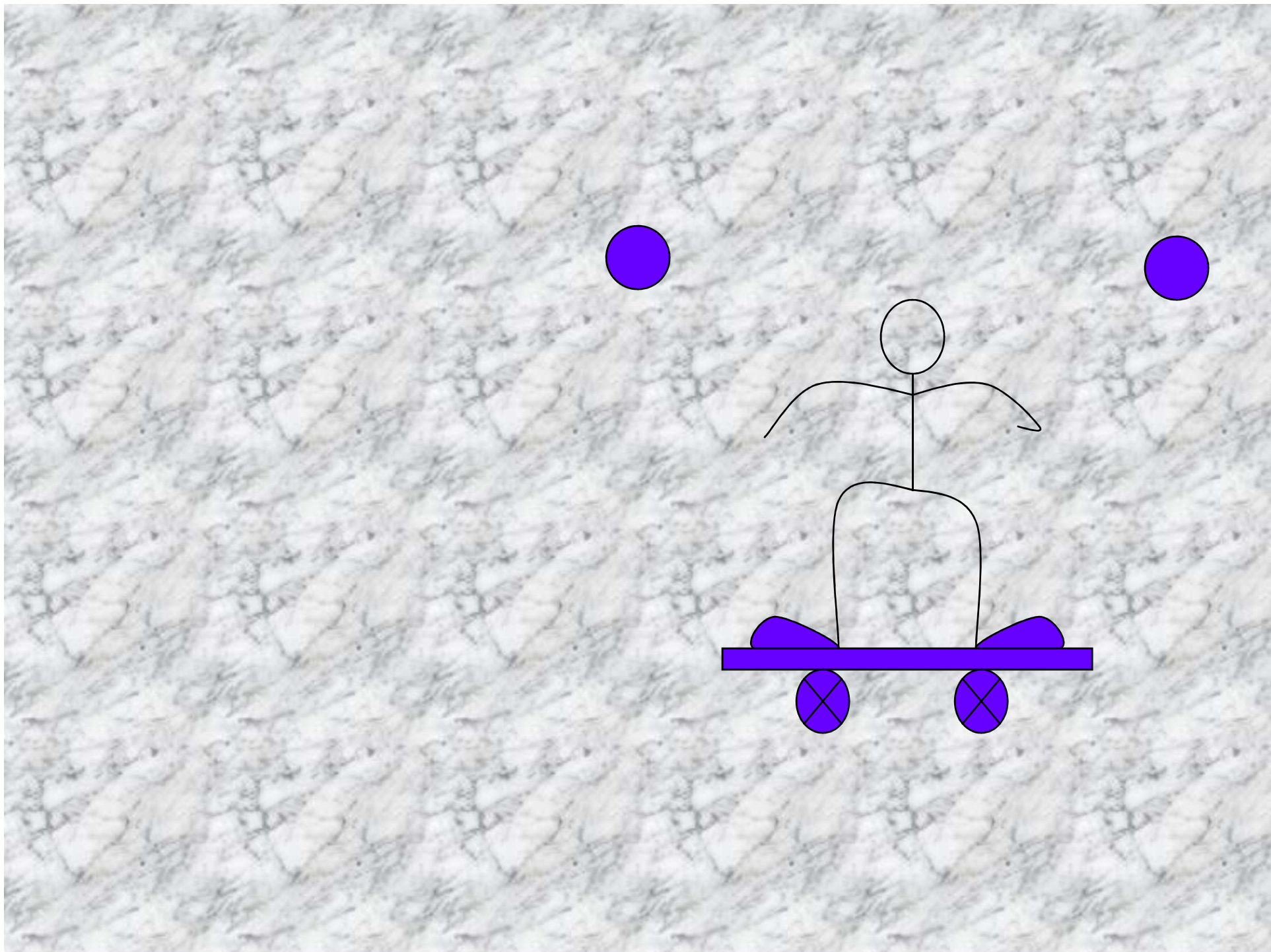
Respecto del suelo una pelota va a 680 m/s y la otra va a 0 m/s

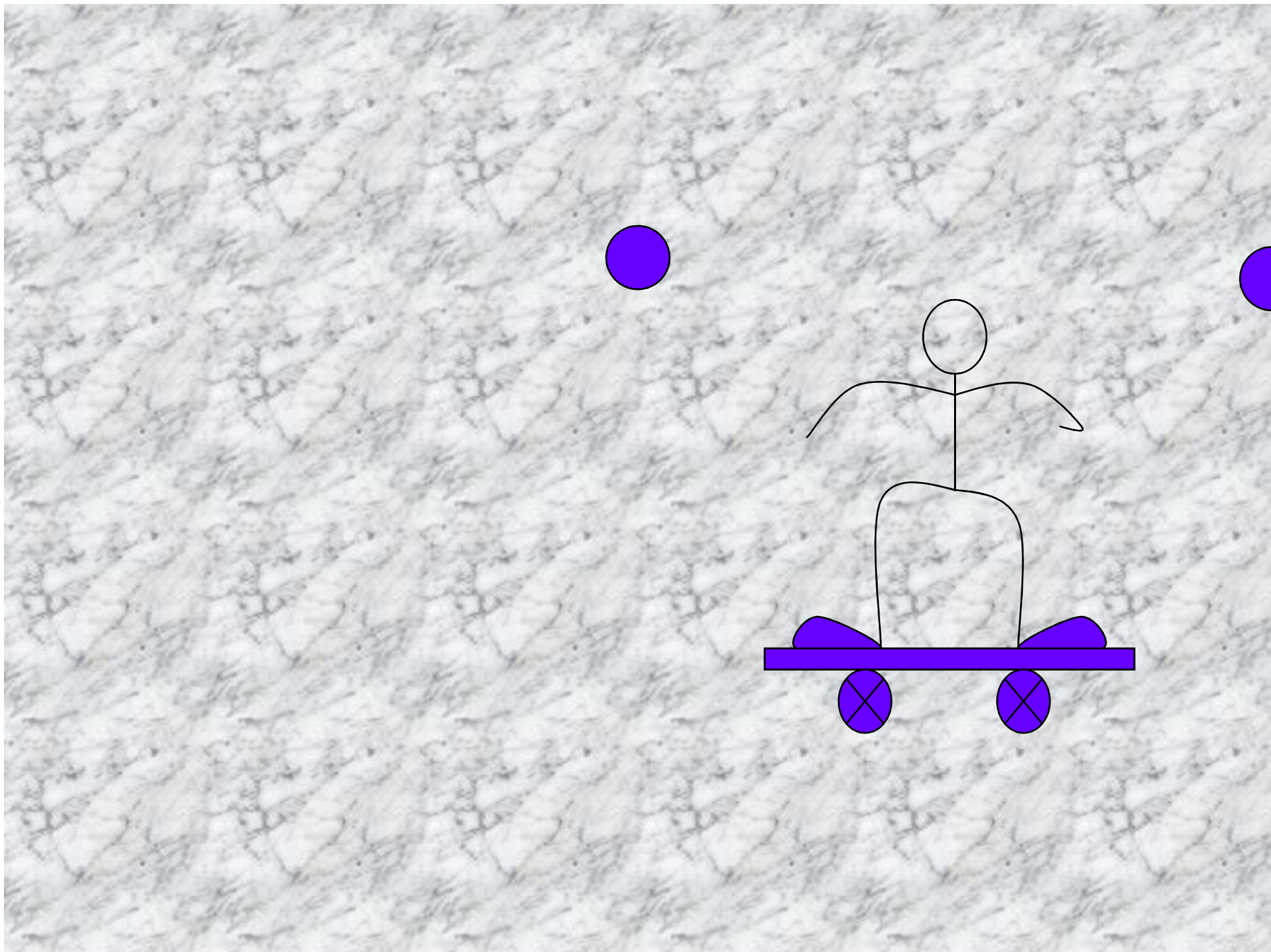


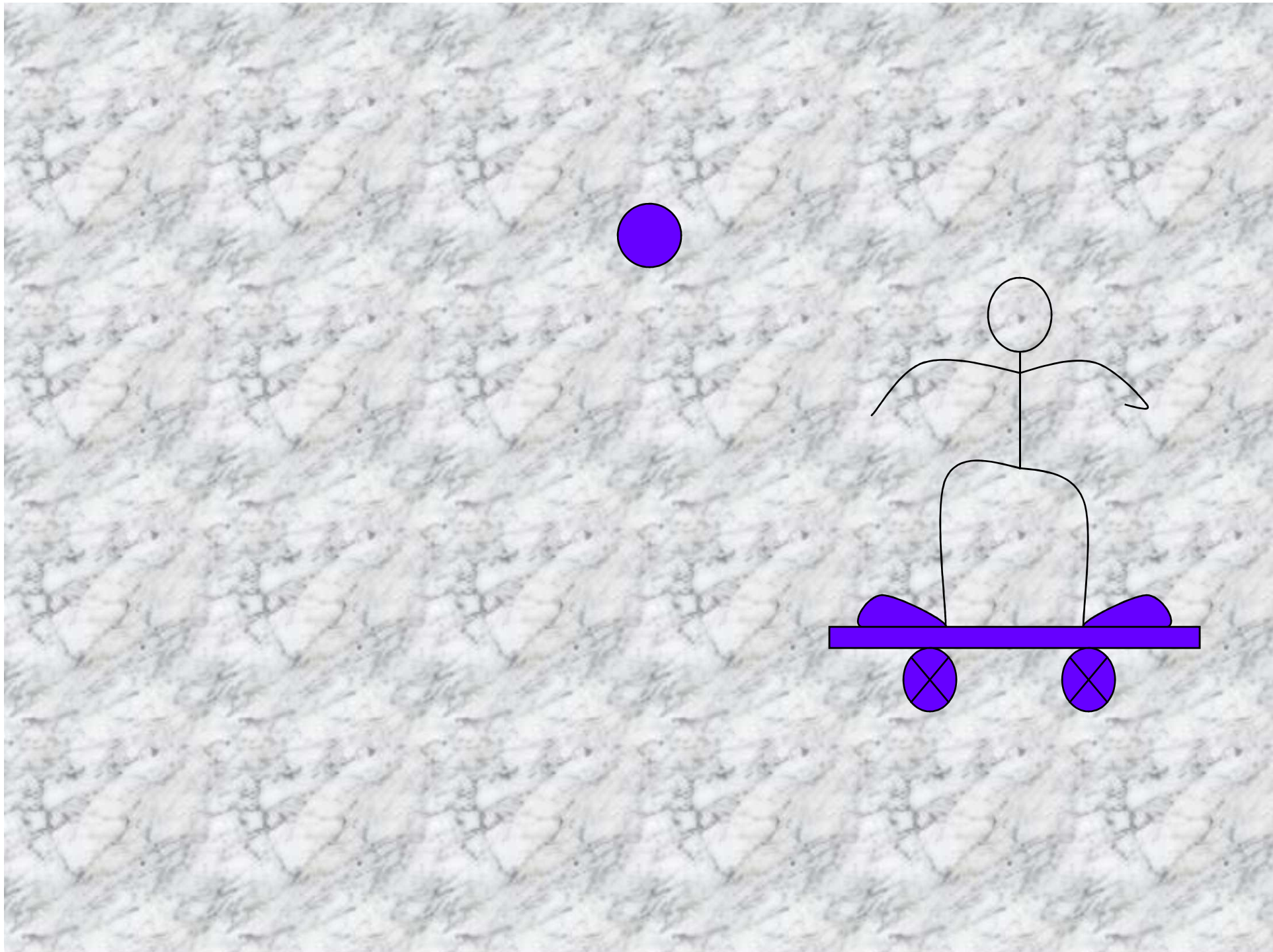


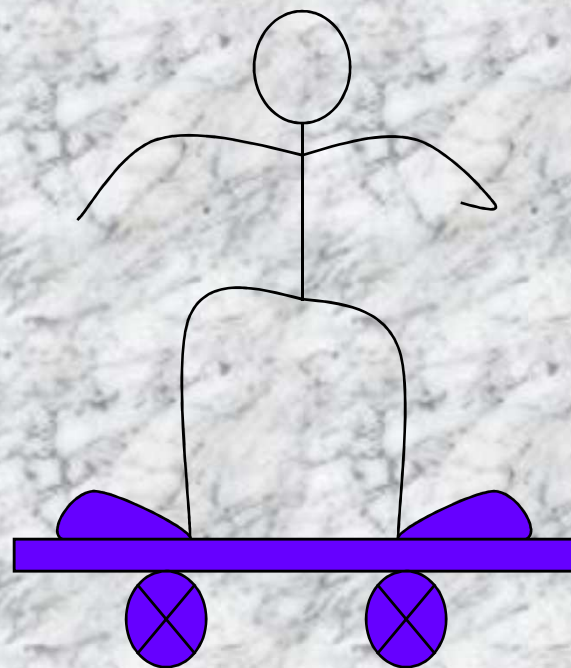


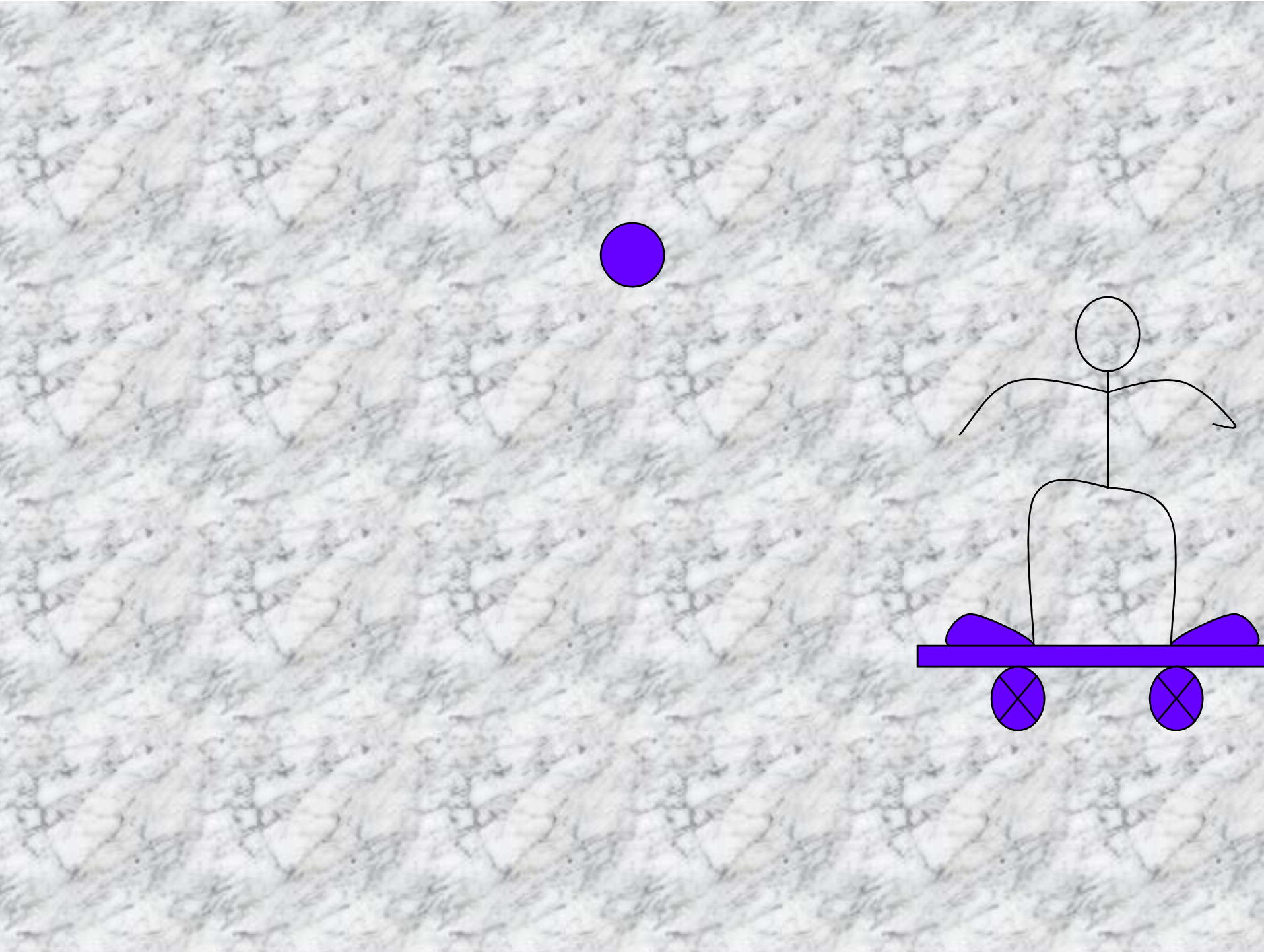


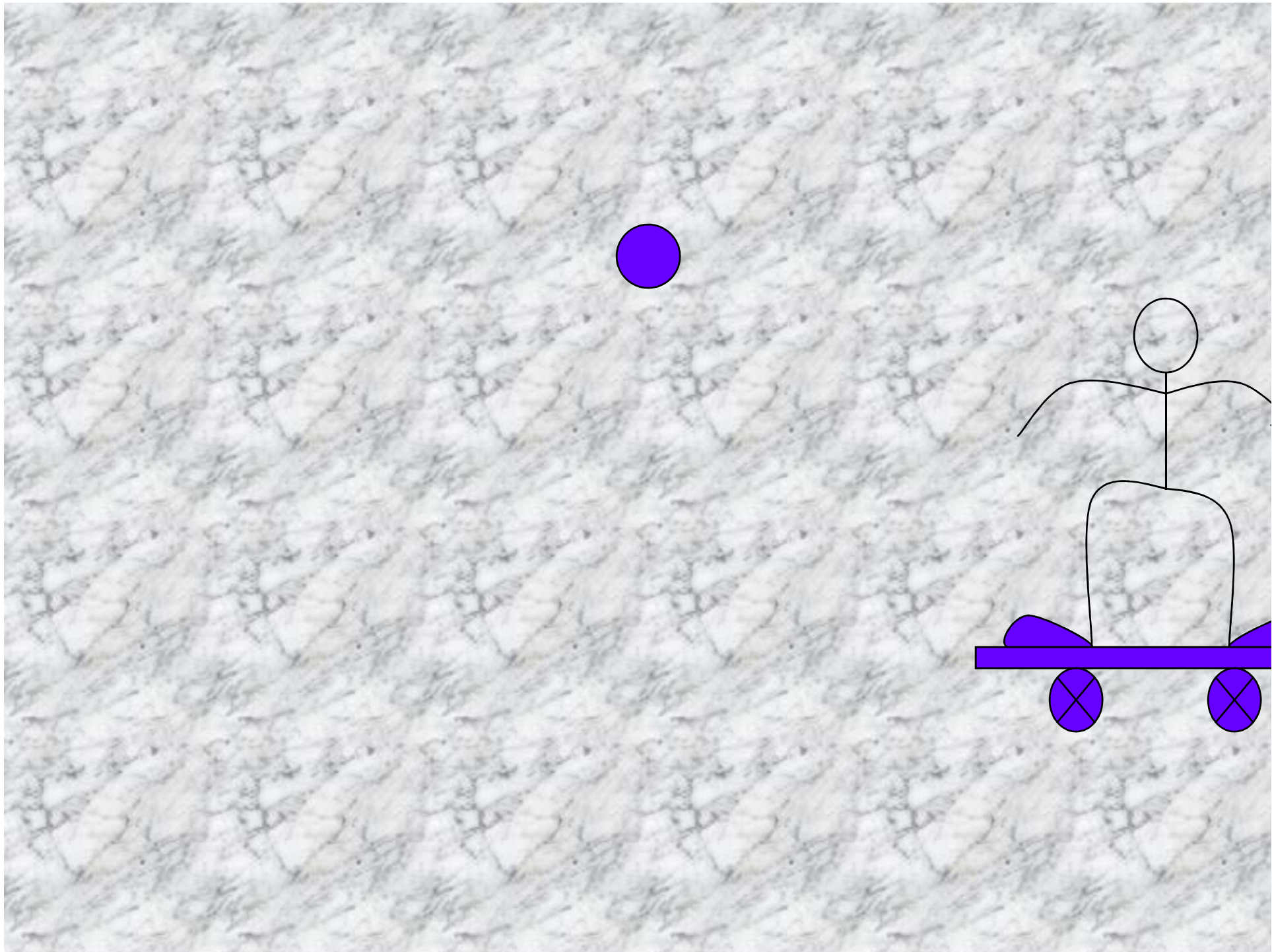


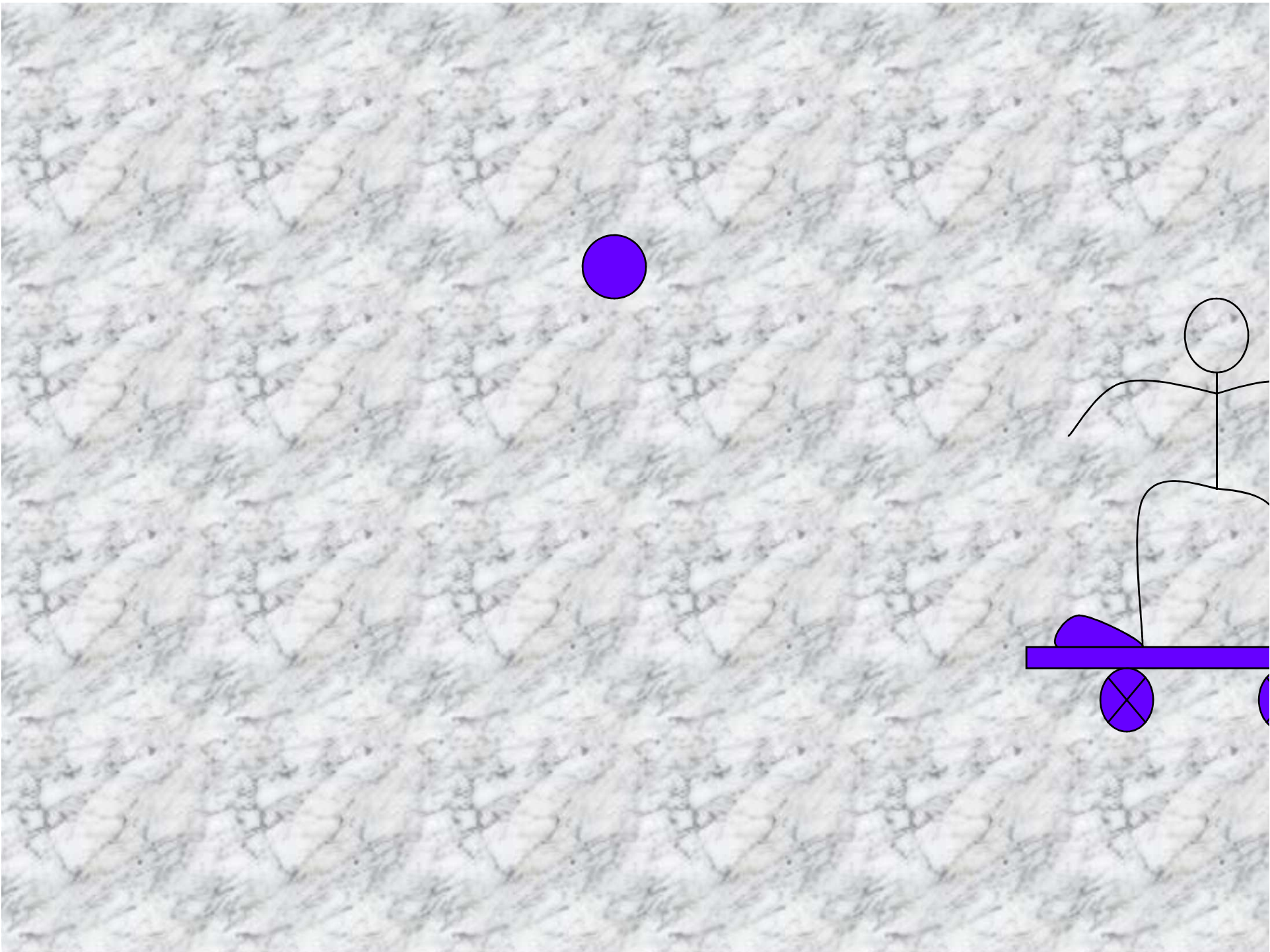






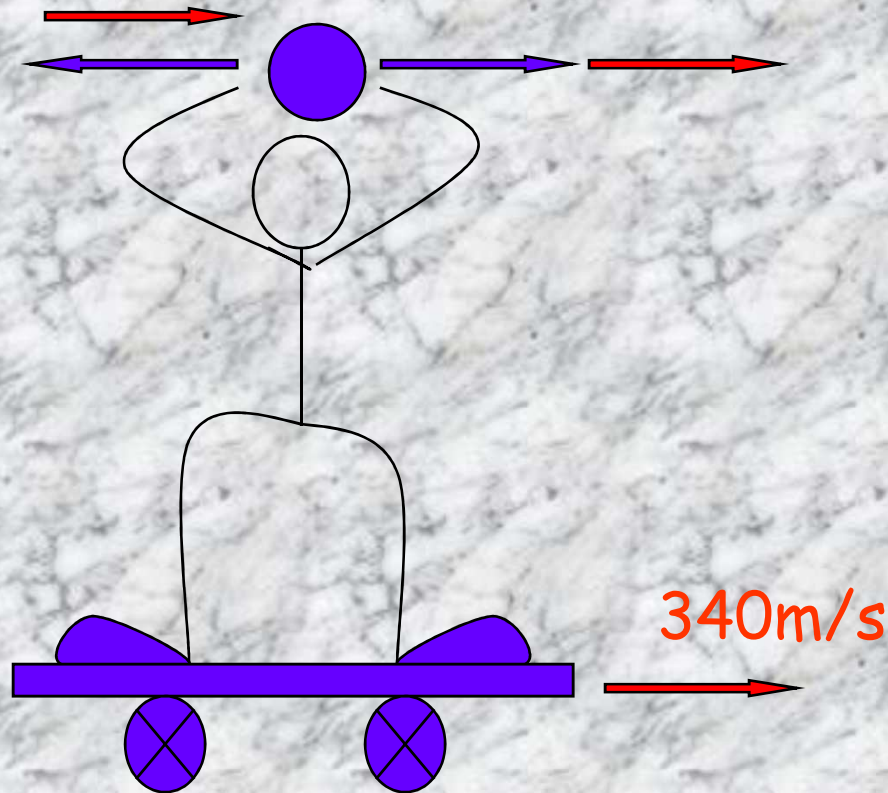






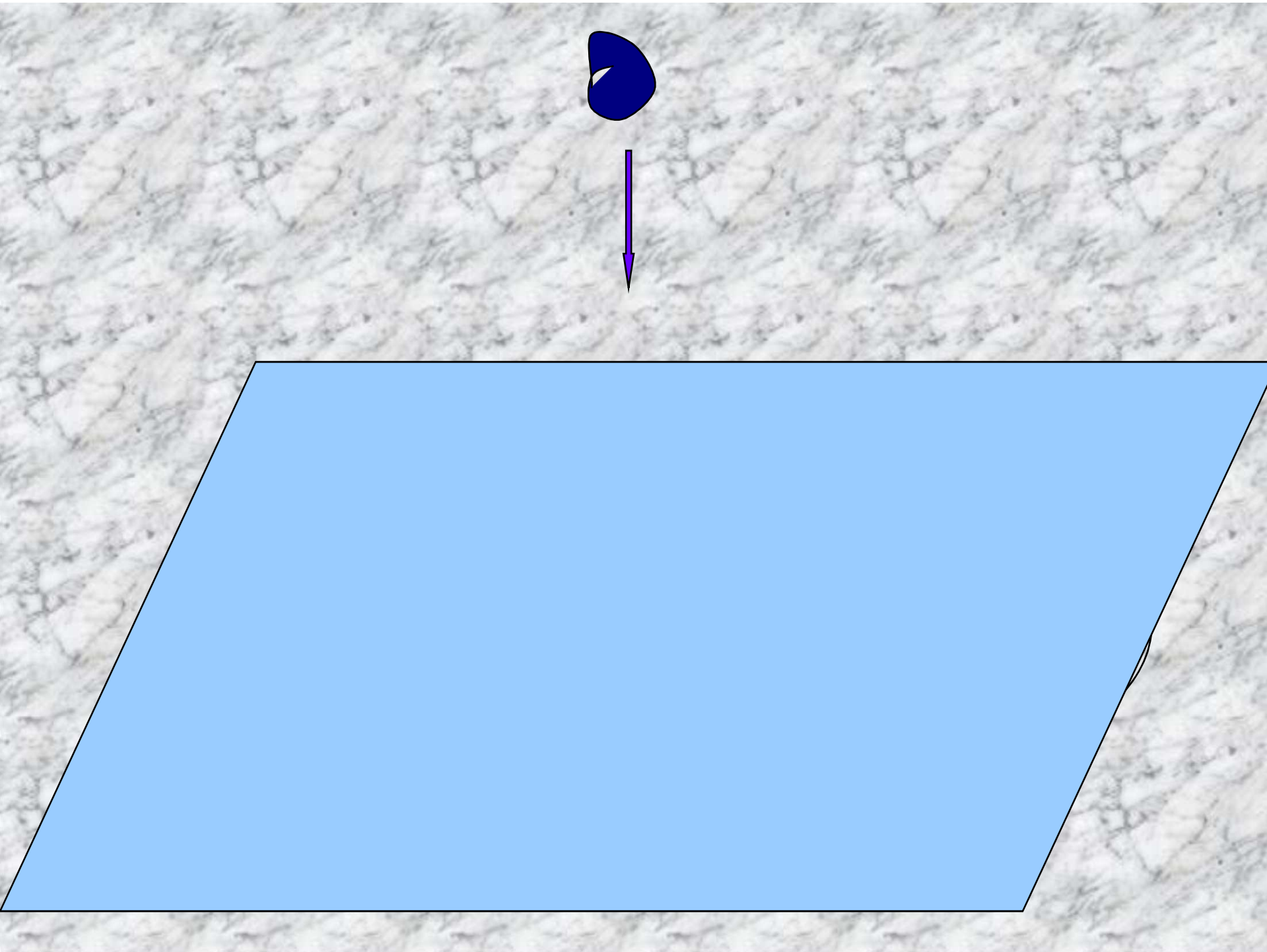
$$340\text{m/s} - 340\text{m/s} = 0$$

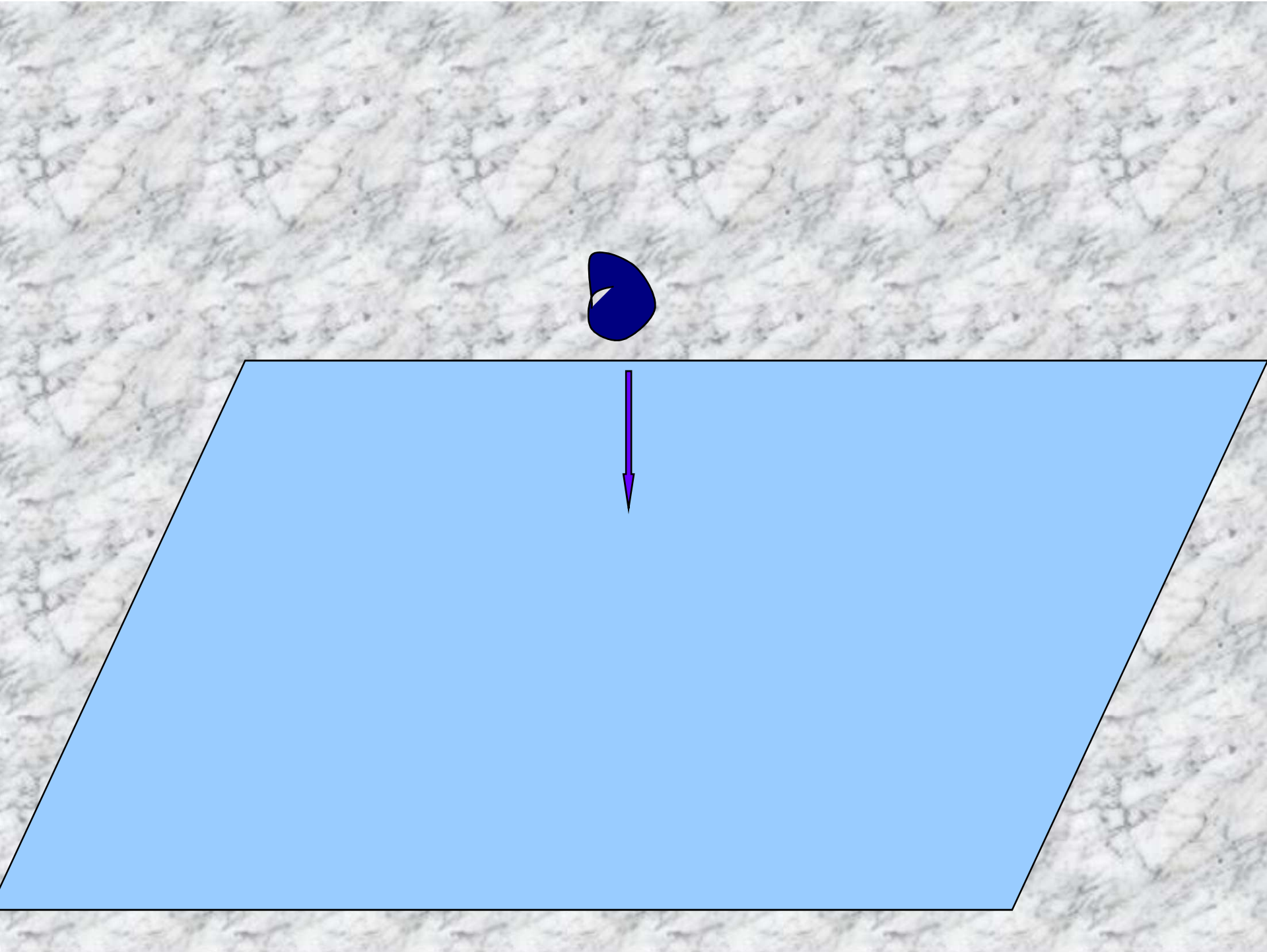
$$340\text{m/s} + 340\text{m/s} = 720\text{m/s}$$

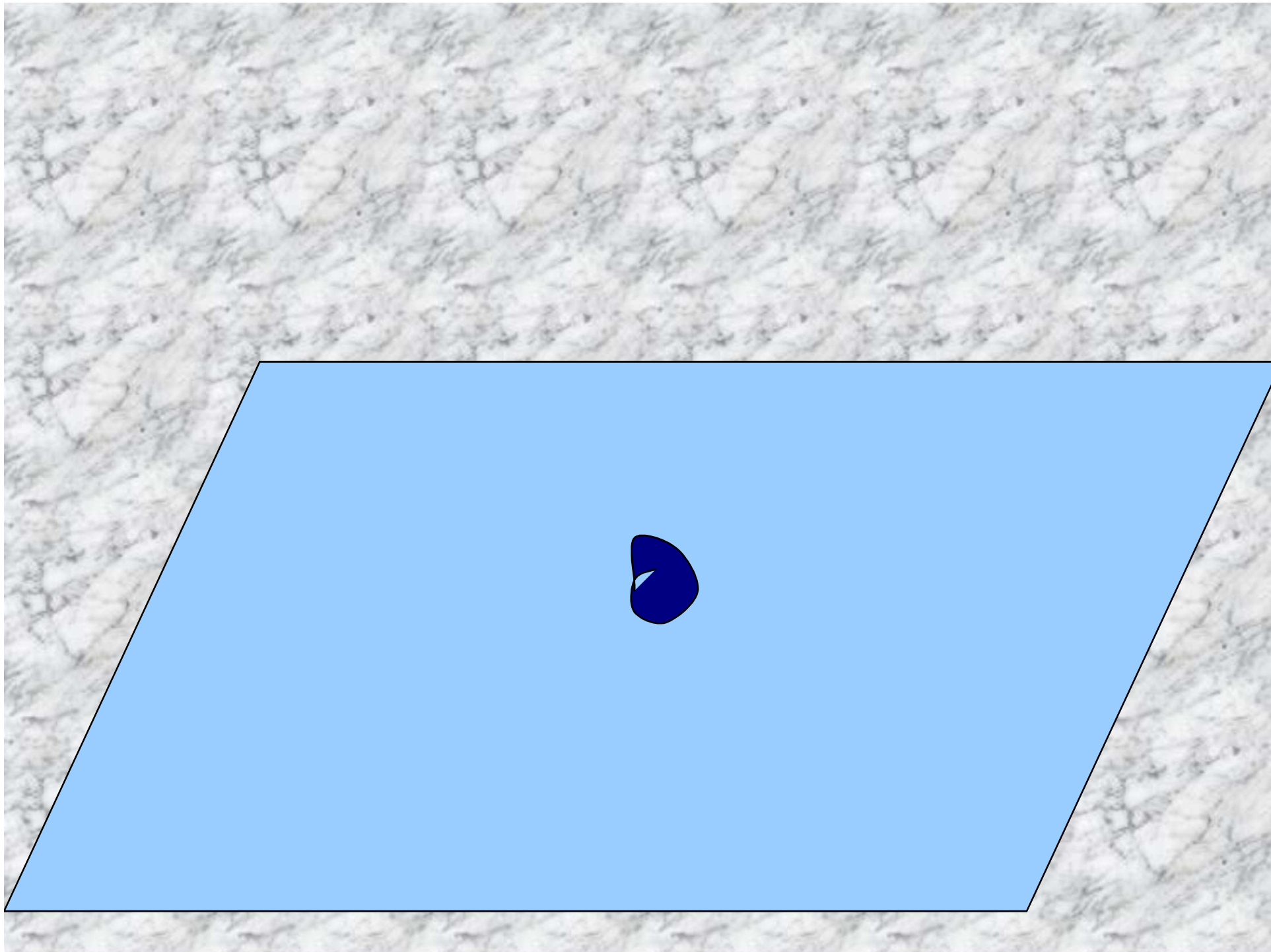


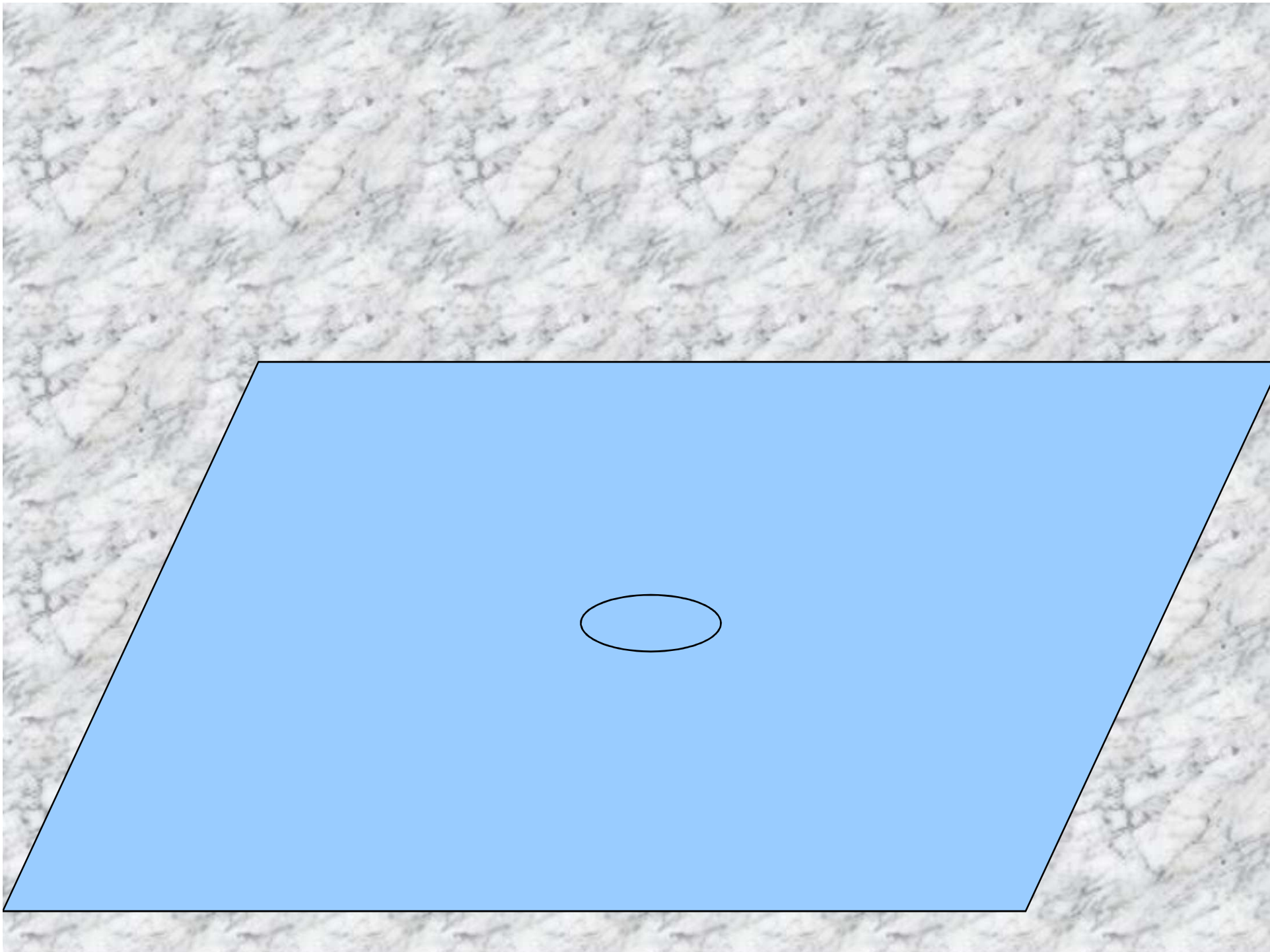
Conclusión: La velocidad del proyectil *depende* del movimiento de la *fente*

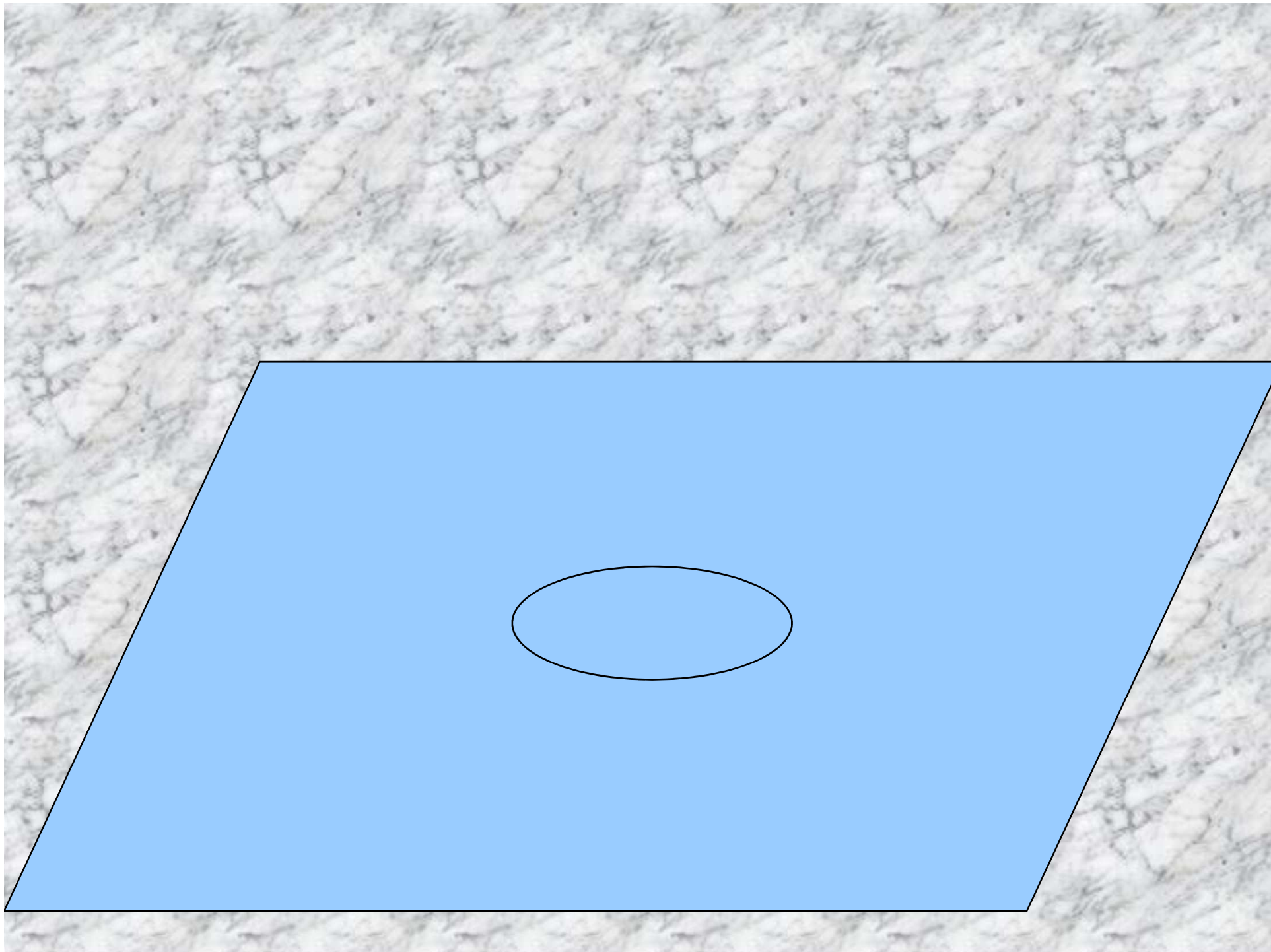
Así en cambio se comportan las ondas

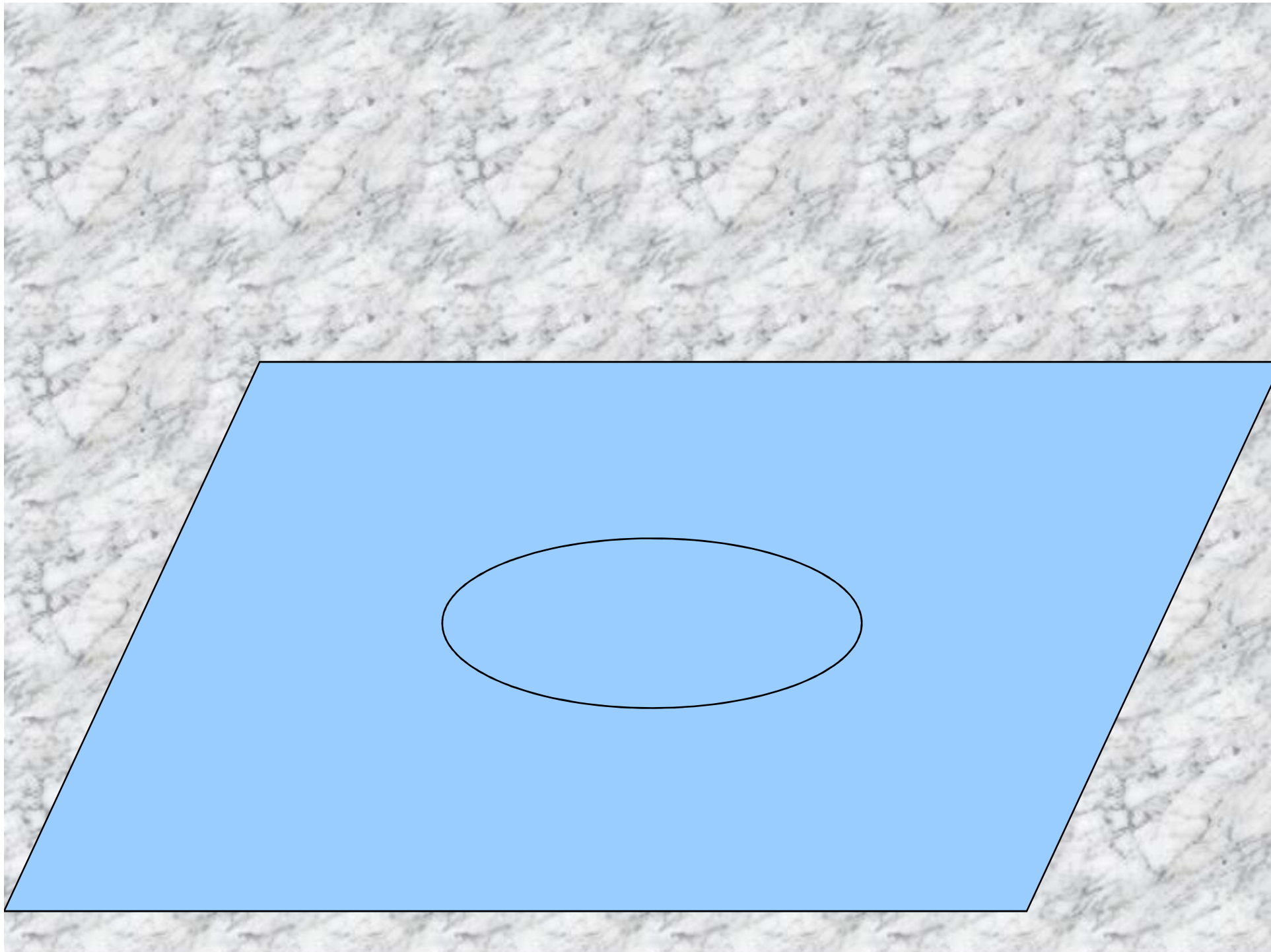


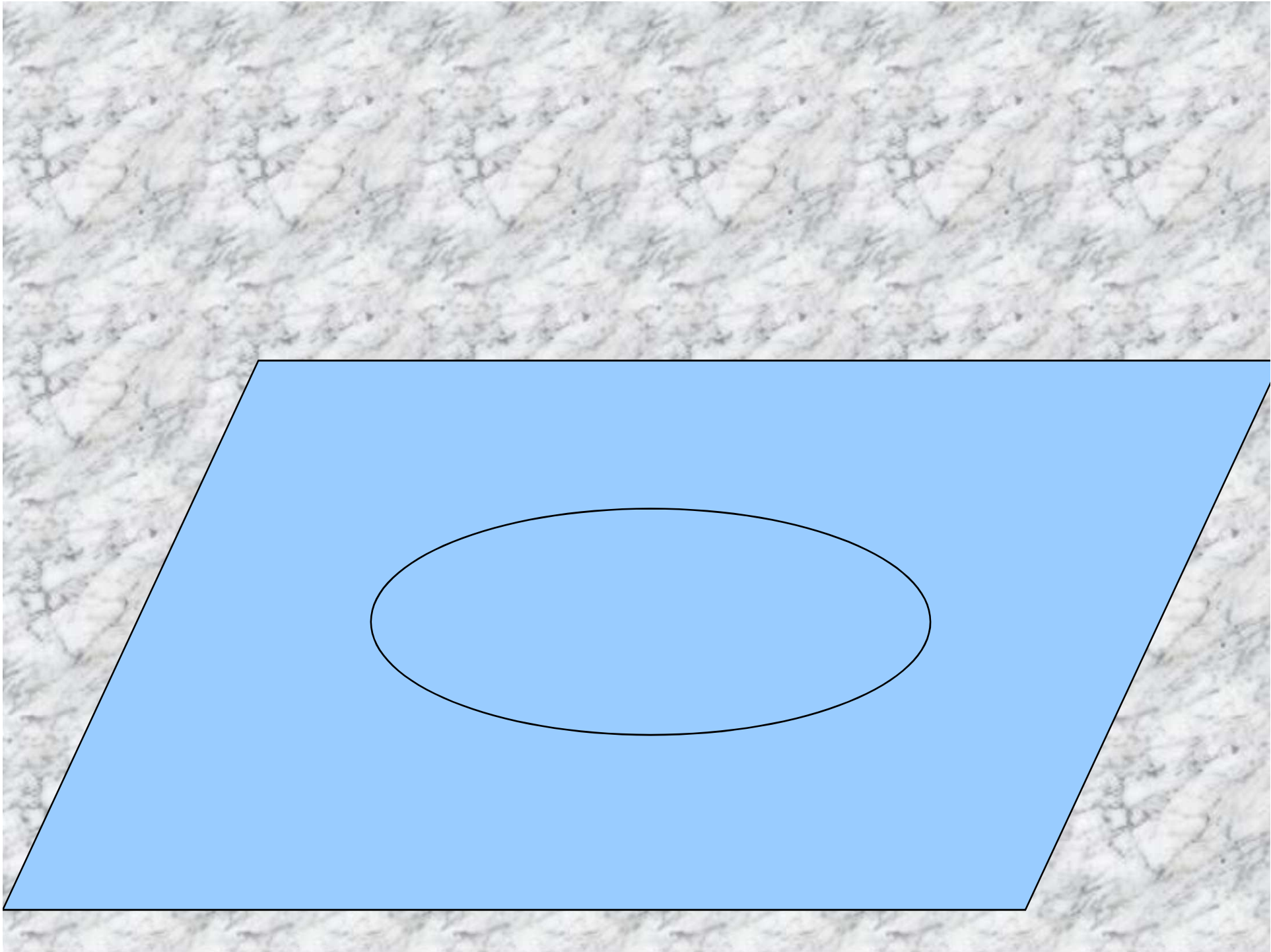


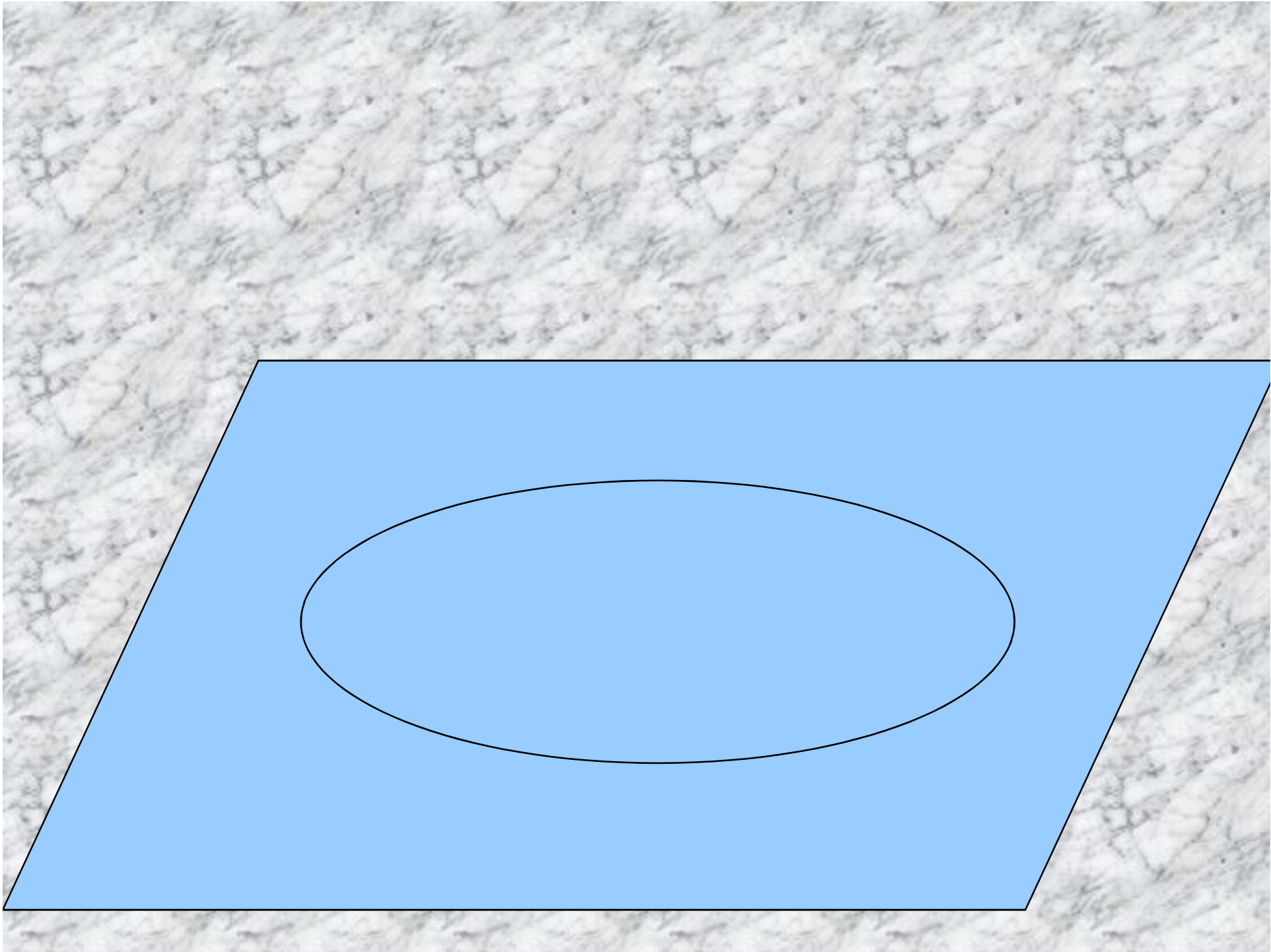






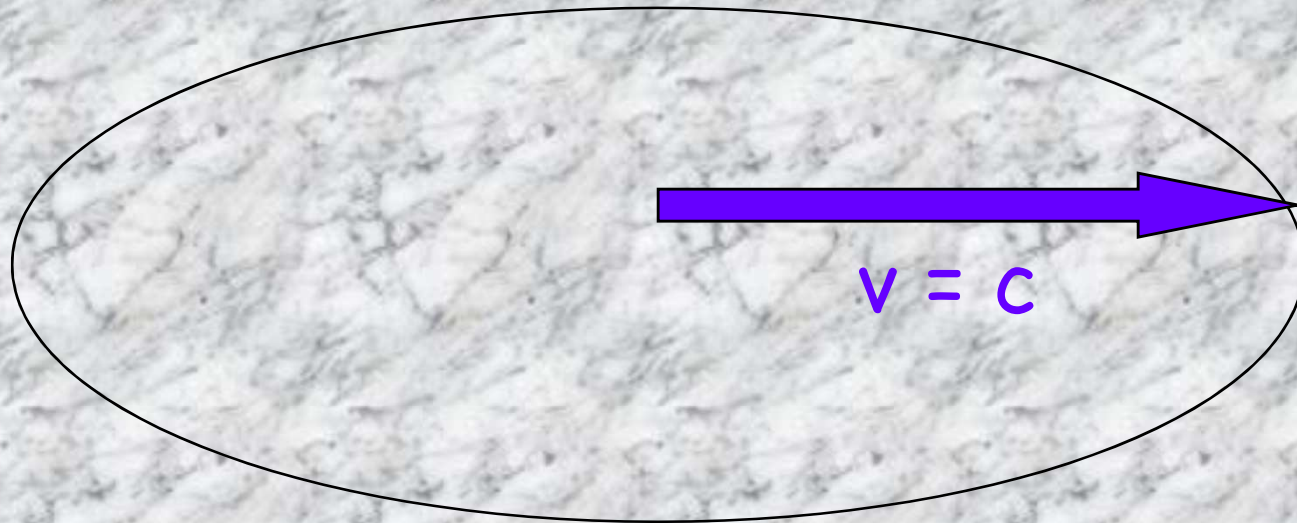






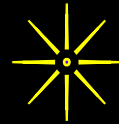
La velocidad de la ola (onda) NO tiene nada que ver con la piedra,

depende de propiedades del agua que hacen que la ola tenga cierta velocidad.

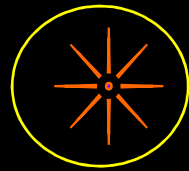


Así en cambio se comportan las ondas

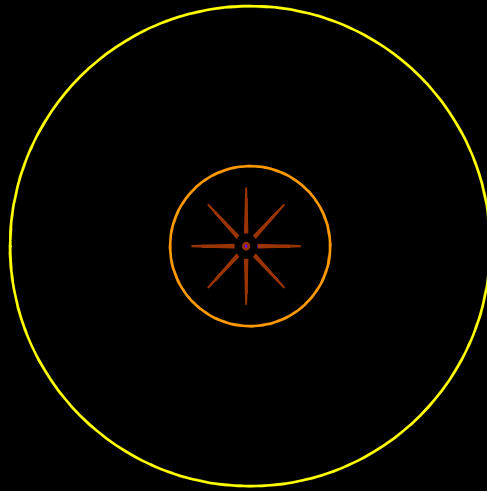
Así son las ondas si se tiran
sucesivas piedras en el mismo lugar,



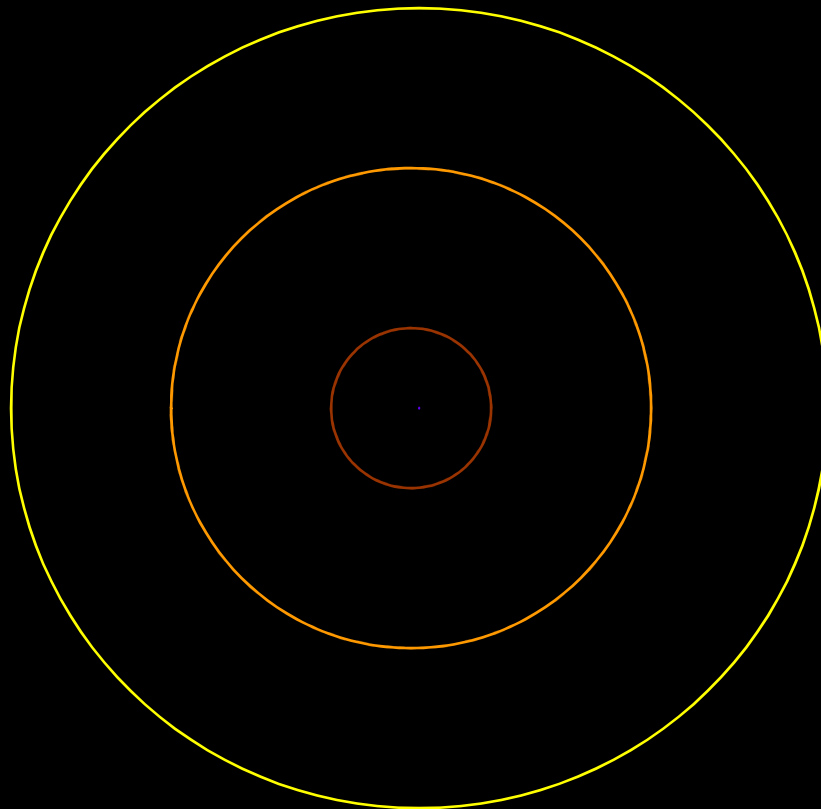
Así en cambio se comportan las ondas



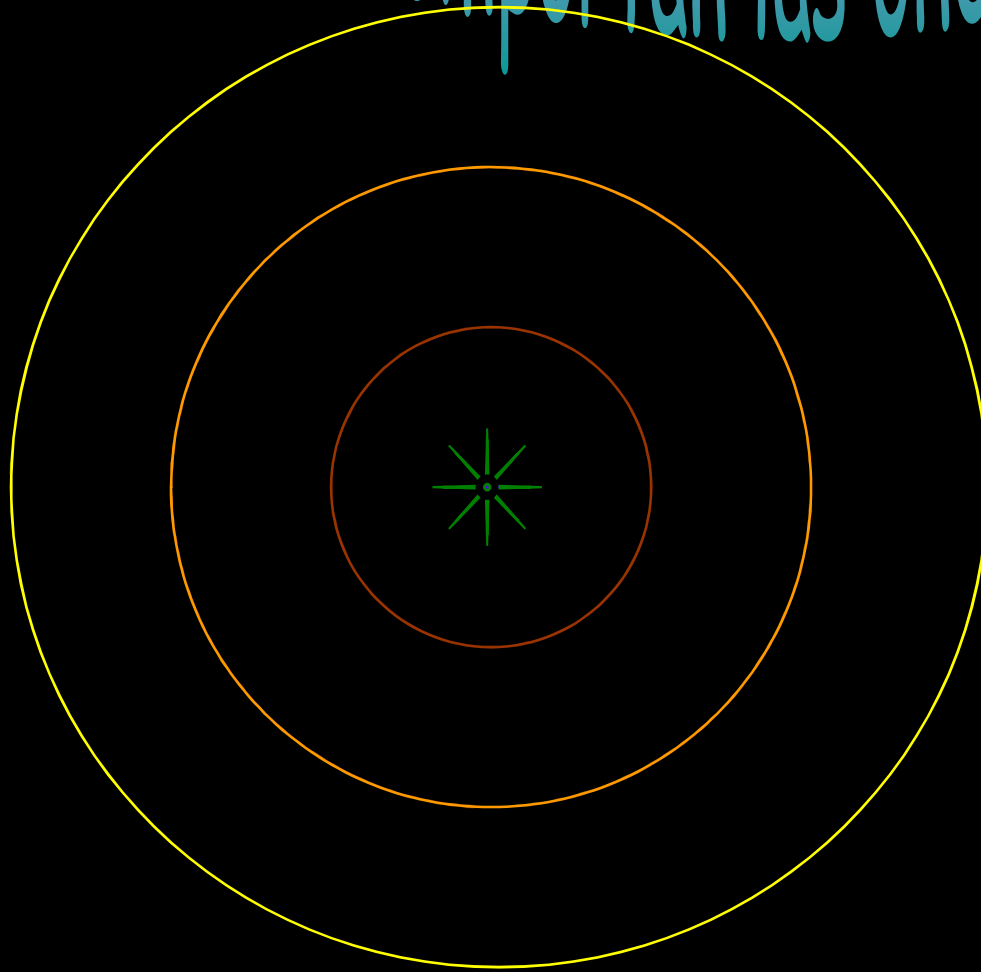
Así en cambio se comportan las ondas



Así en cambio se comportan las ondas



Así en cambio se comportan las ondas



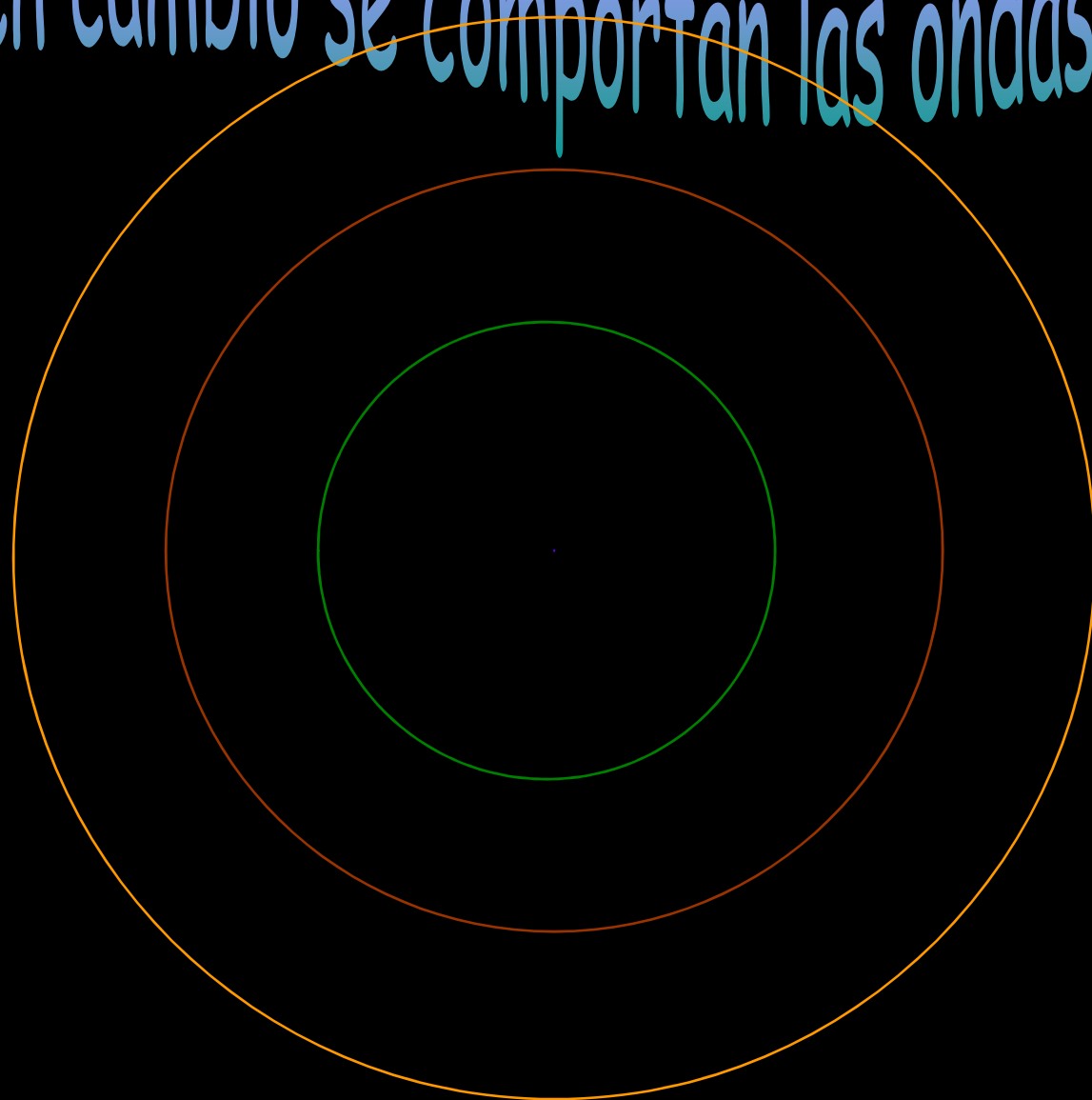
Así en cambio se comportan las ondas



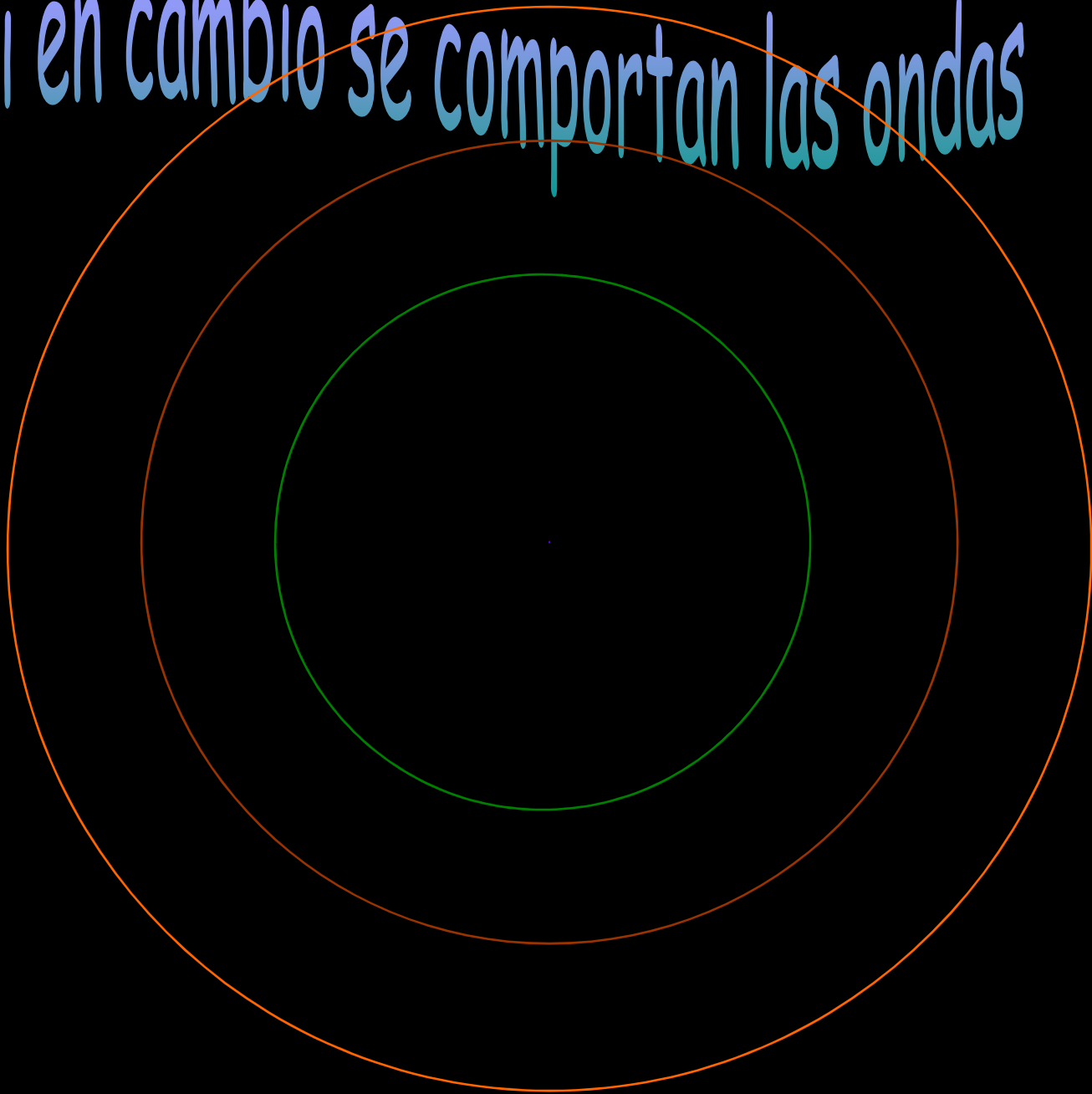
Así en cambio se comportan las ondas



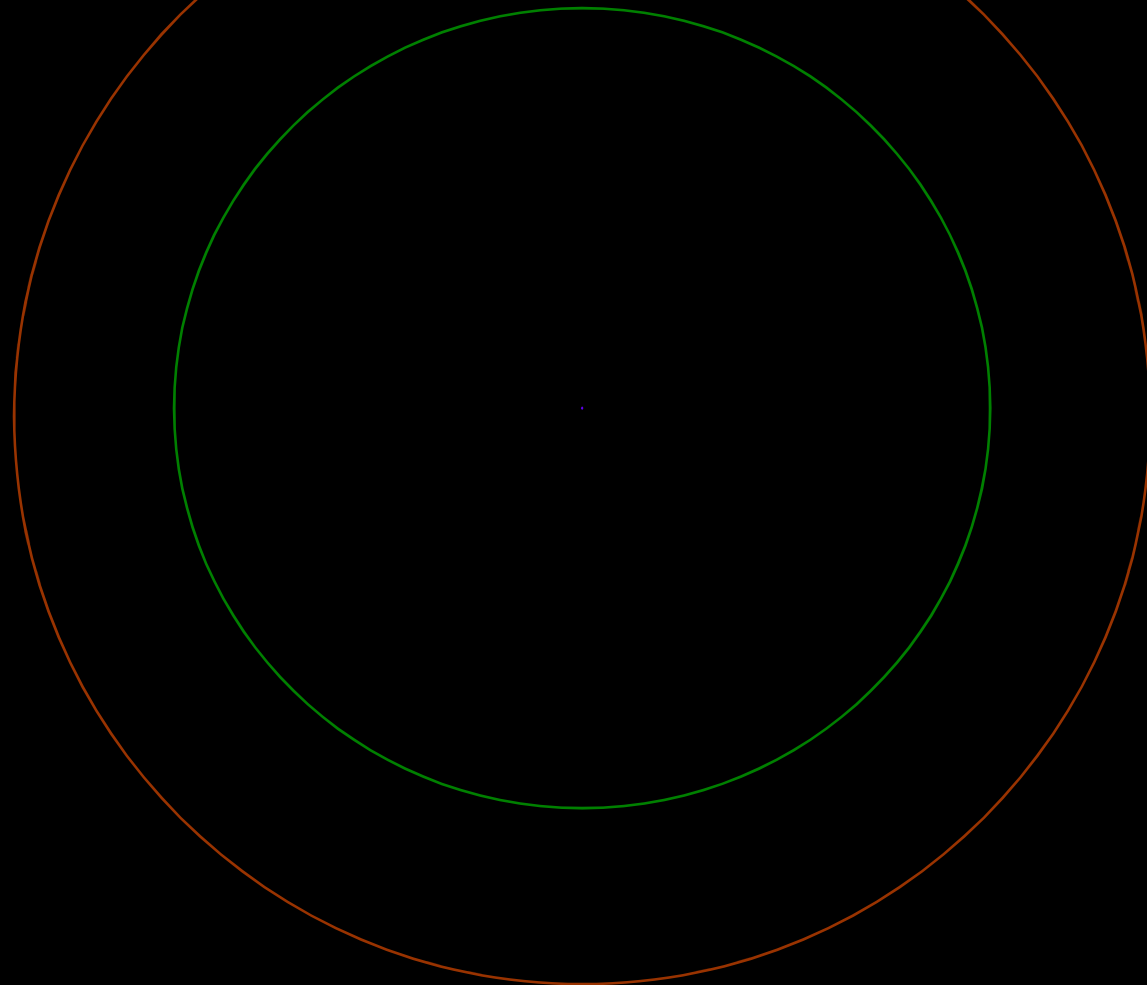
Así en cambio se comportan las ondas



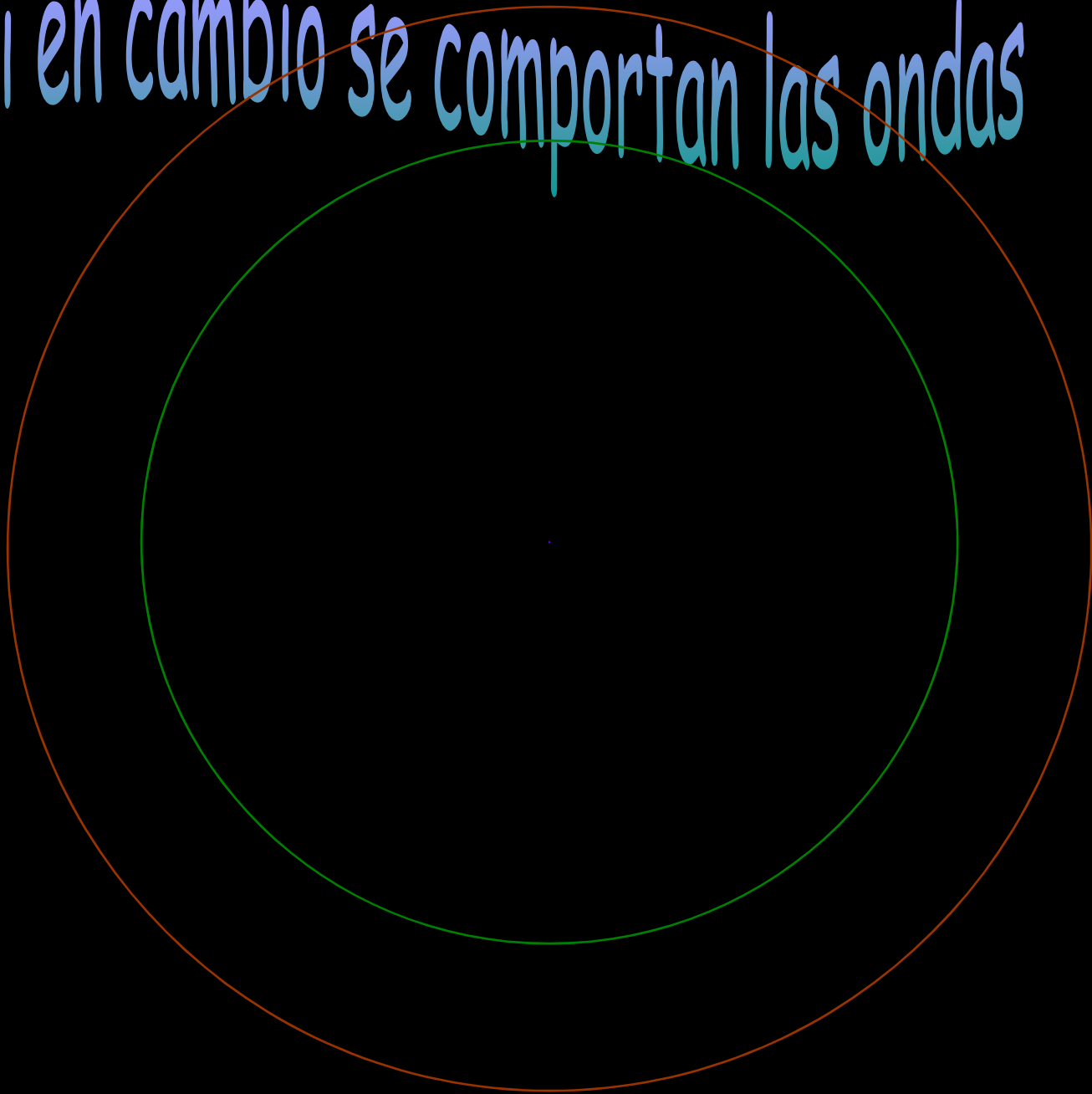
Así en cambio se comportan las ondas



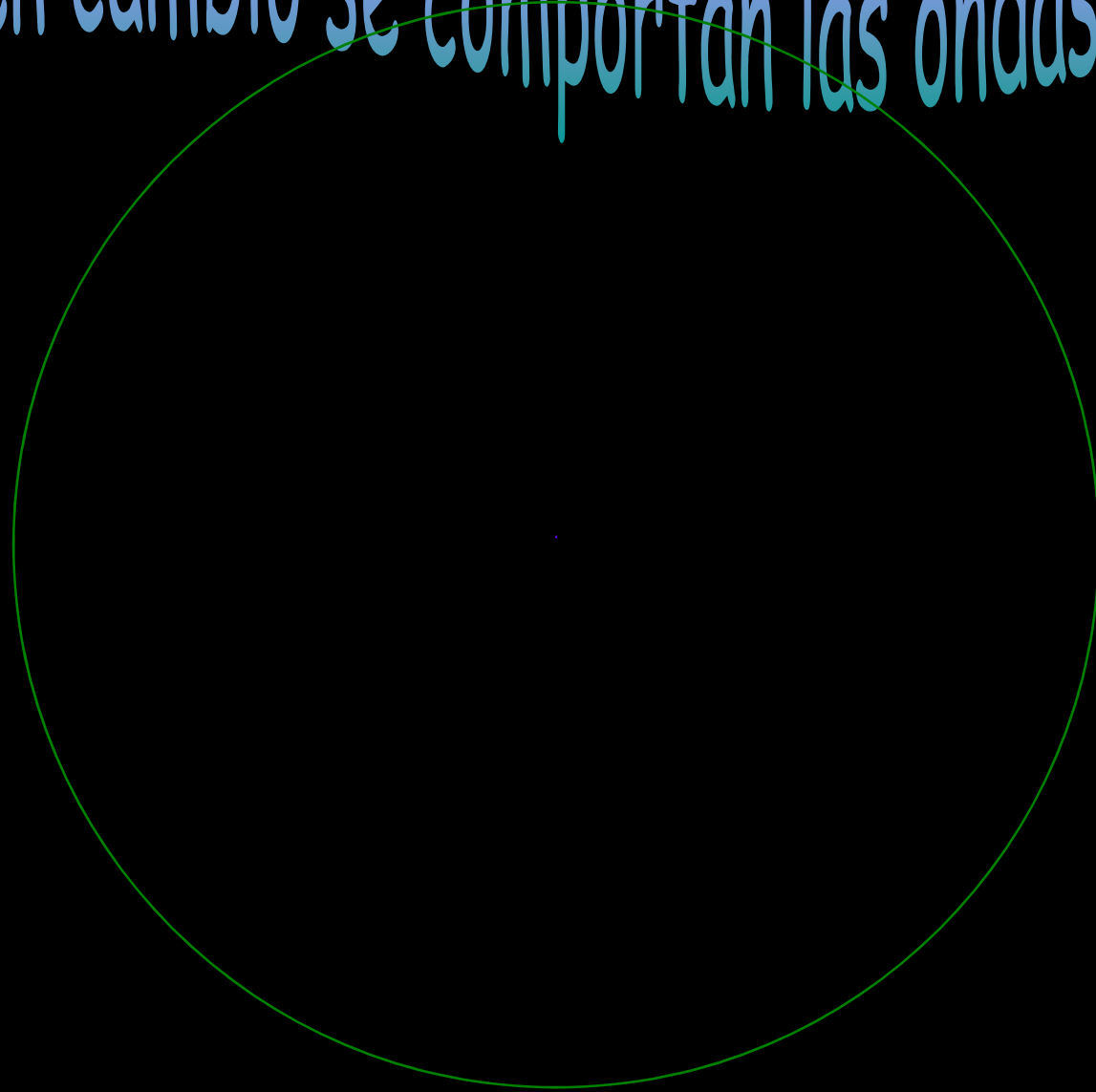
Así en cambio se comportan las ondas



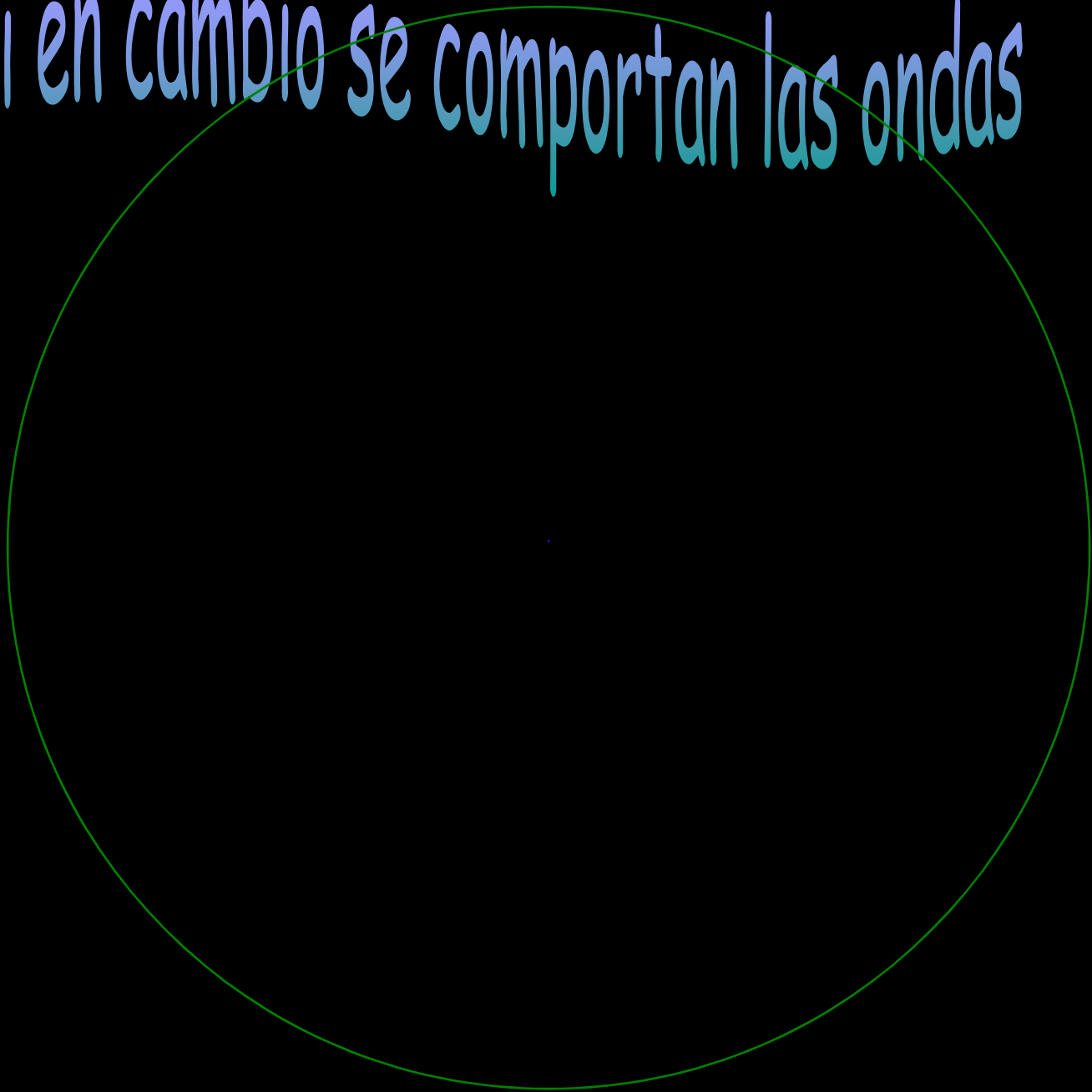
Así en cambio se comportan las ondas



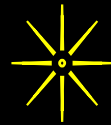
Así en cambio se comportan las ondas



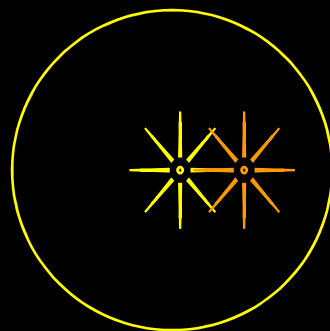
Así en cambio se comportan las ondas

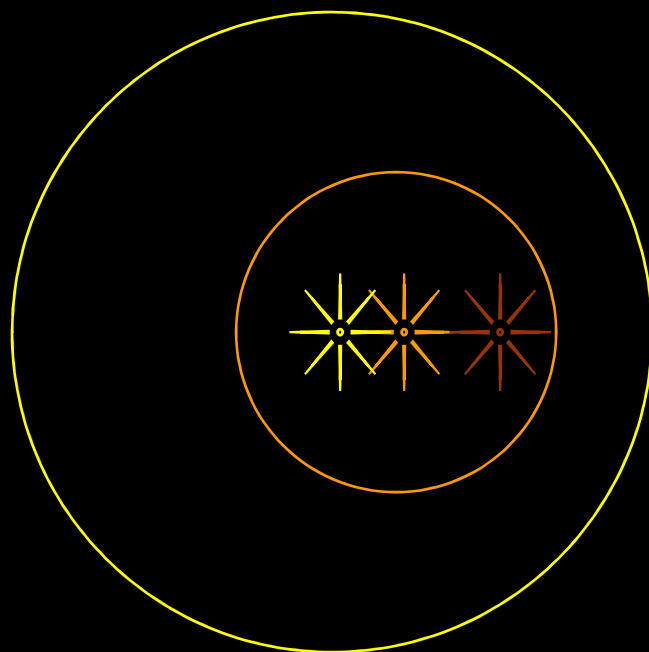


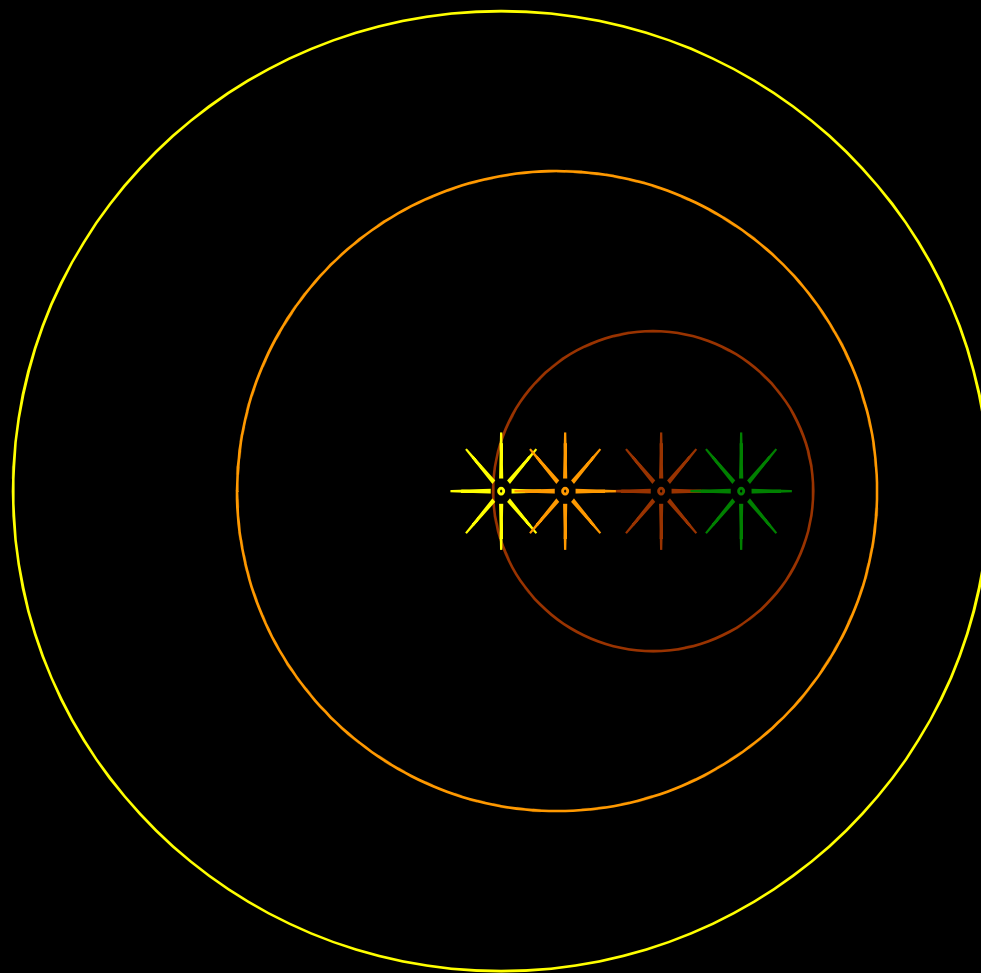
Así en cambio se comportan las ondas

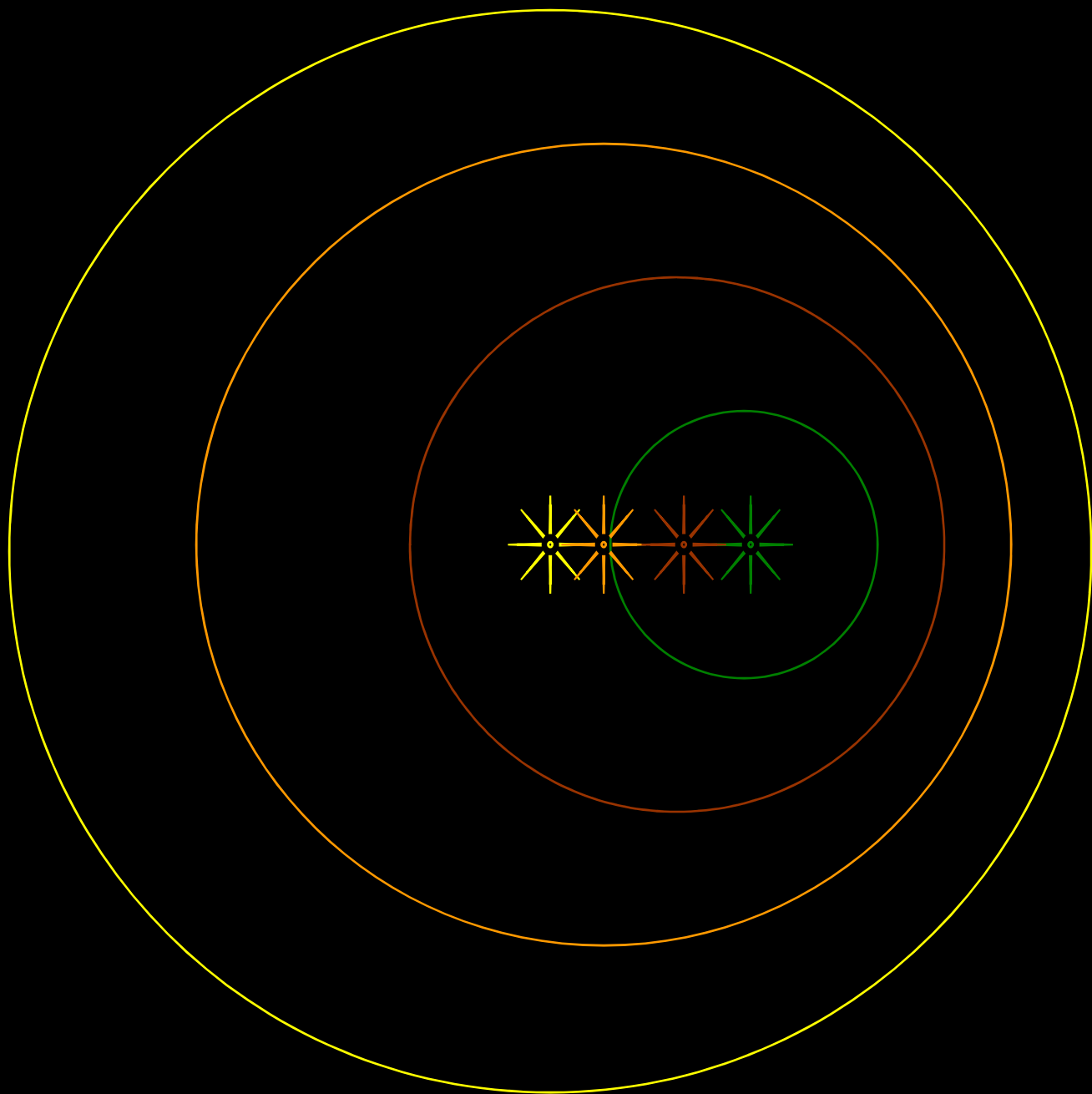


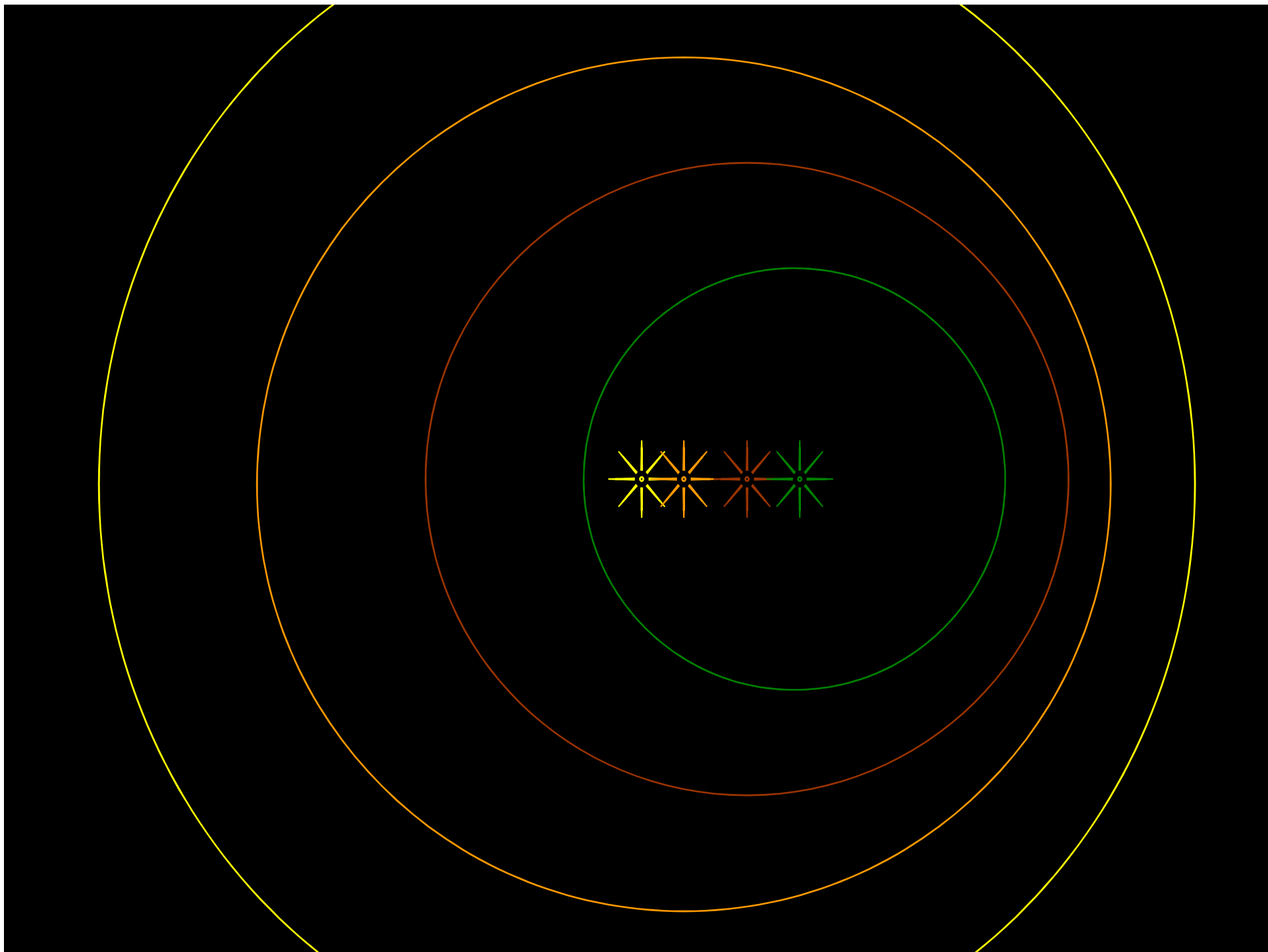
ASI SON LAS ONDAS SI "LA
FUENTE" SE MUEVE CON $v < c$

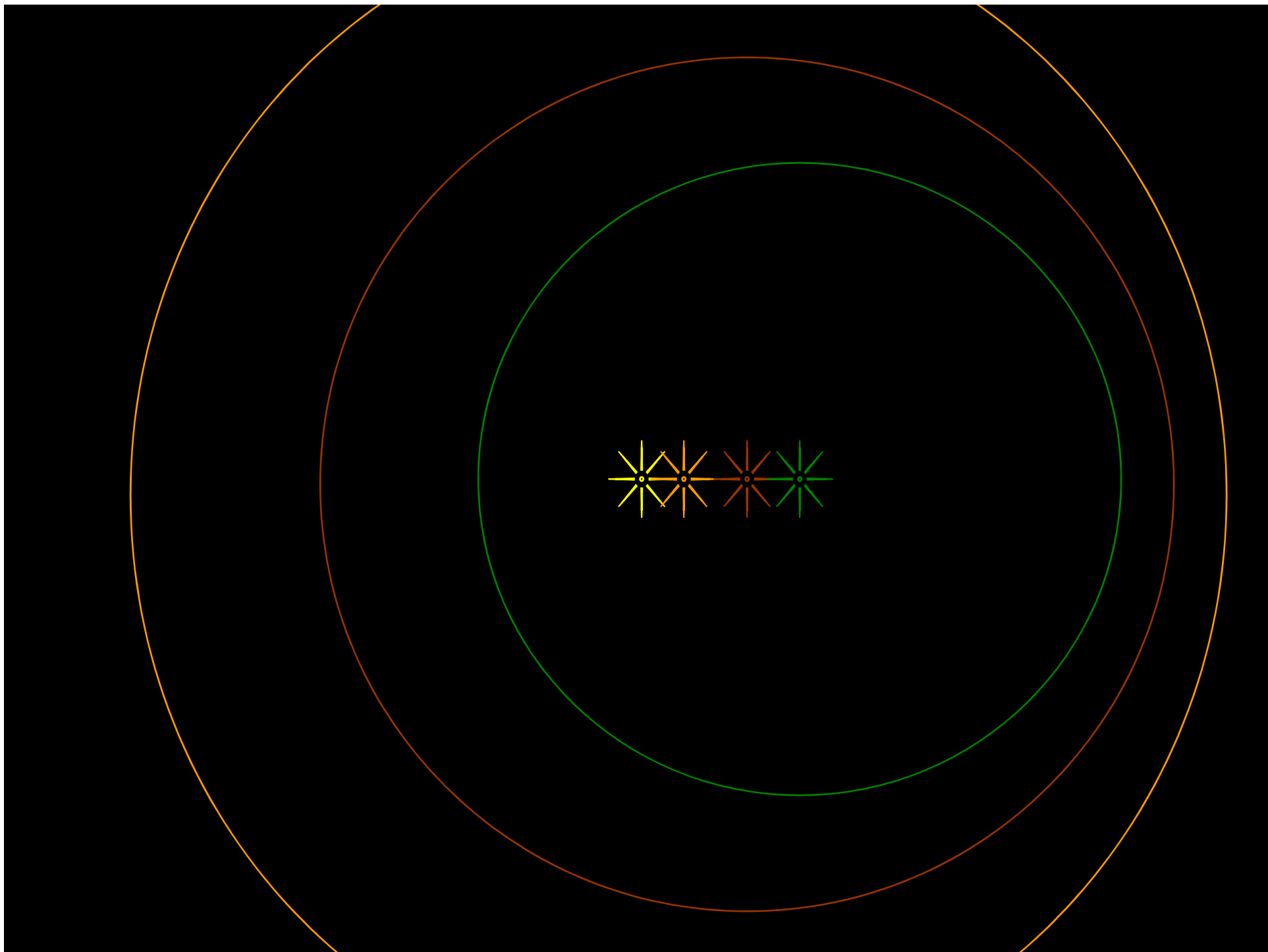


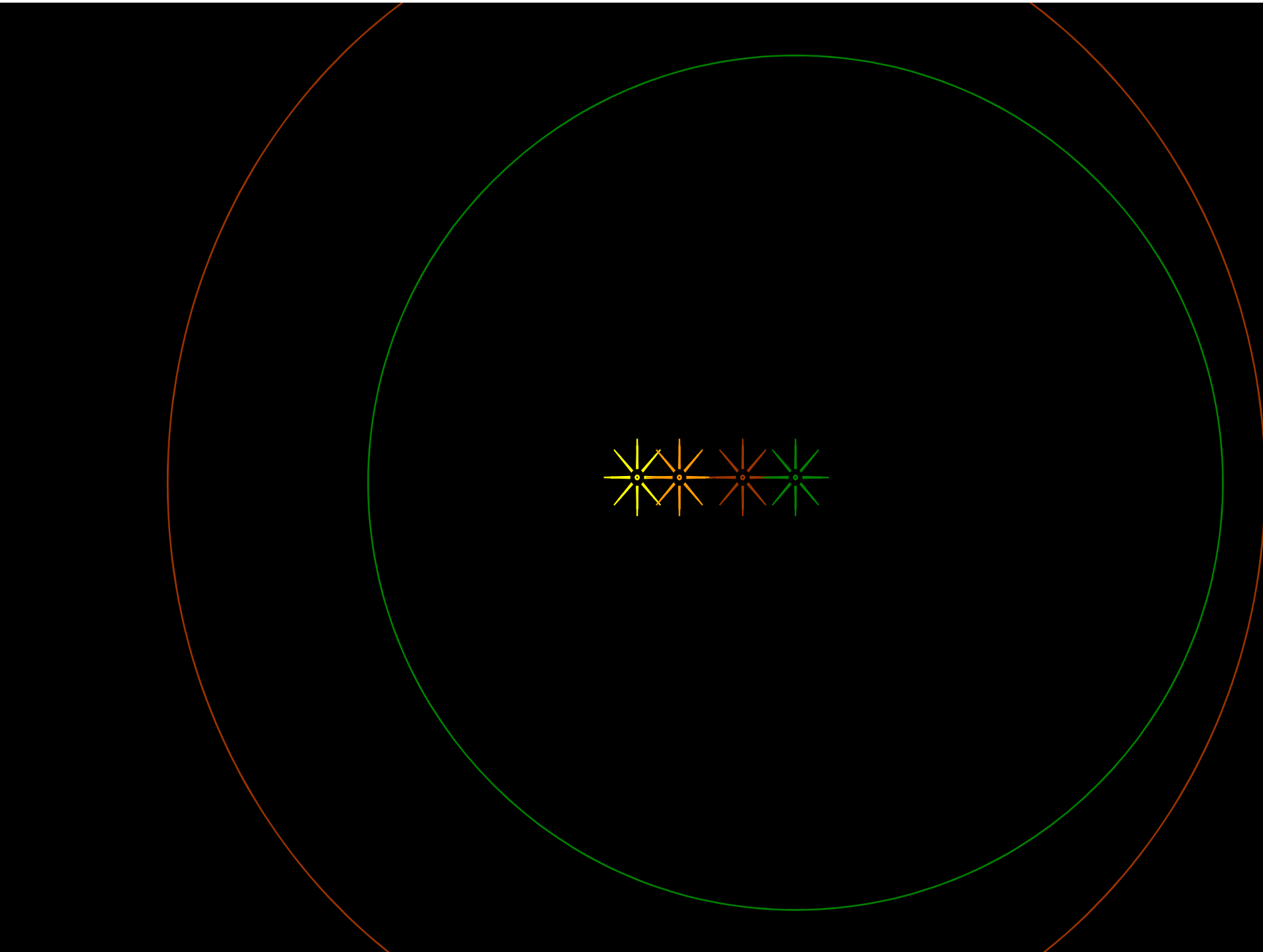


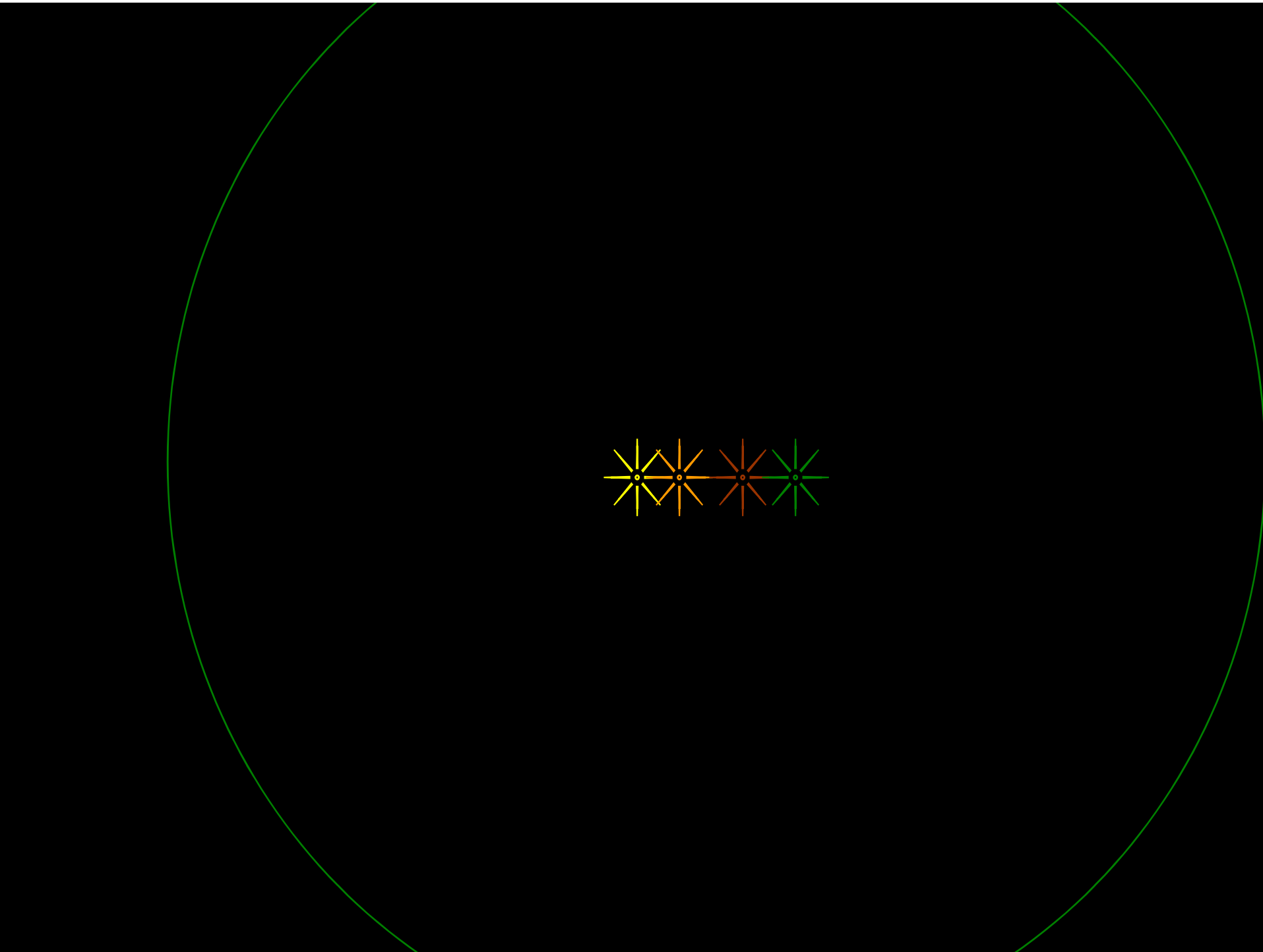


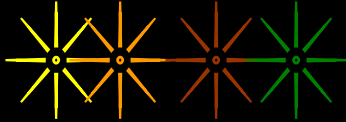


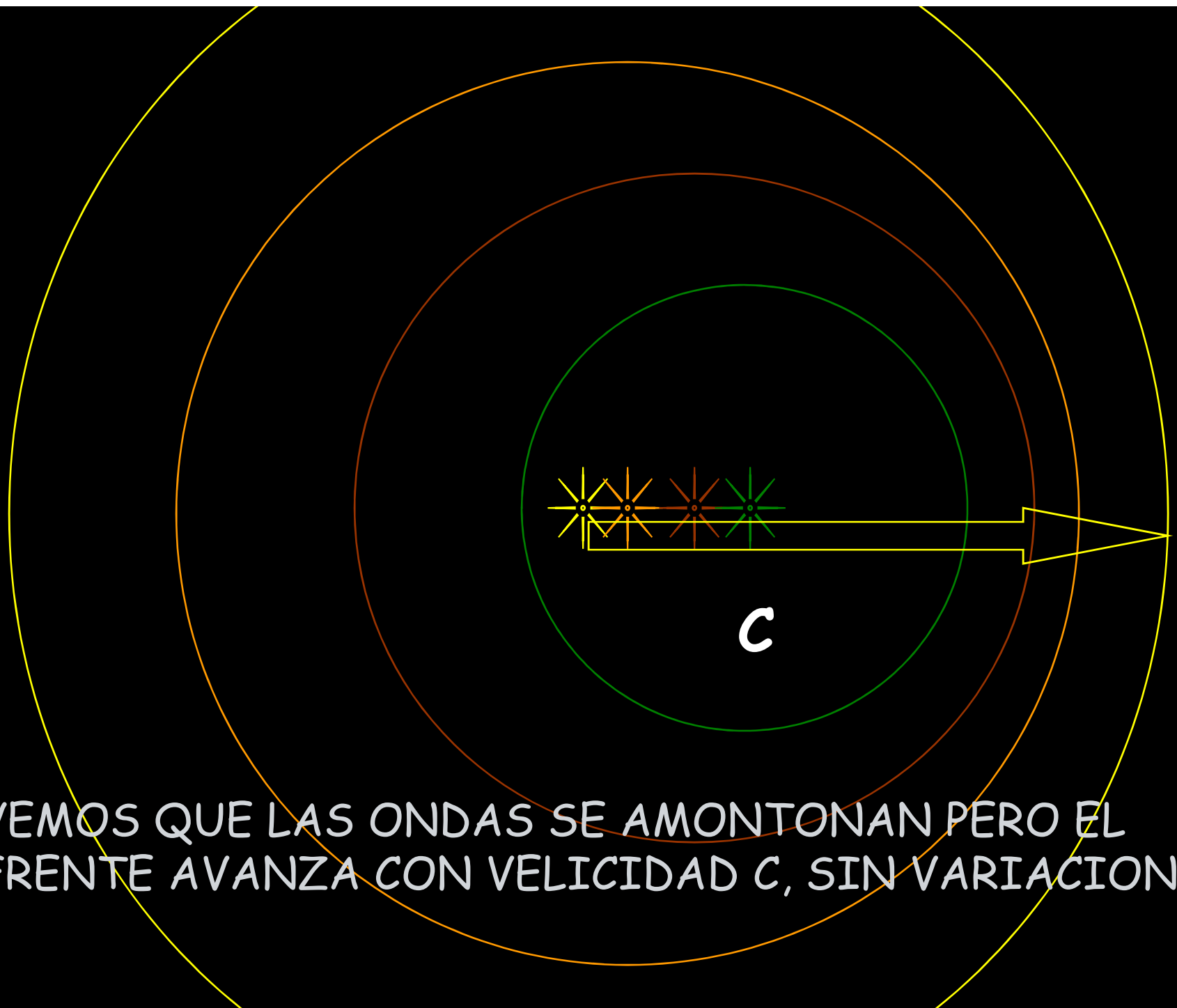






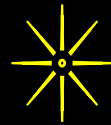




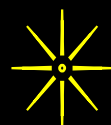


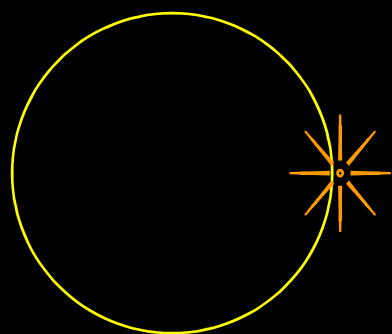
VEMOS QUE LAS ONDAS SE AMONTONAN PERO EL
FRENTA AVANZA CON VELOCIDAD c , SIN VARIACION

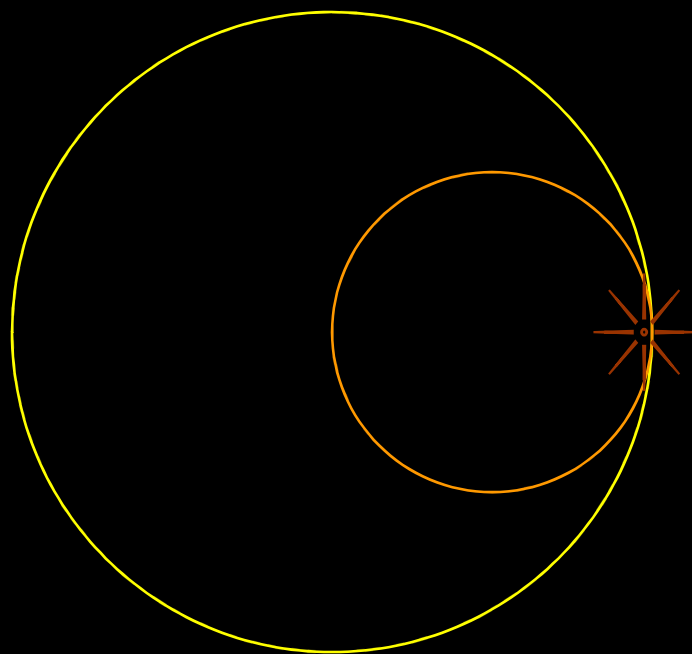
Así en cambio se comportan las ondas

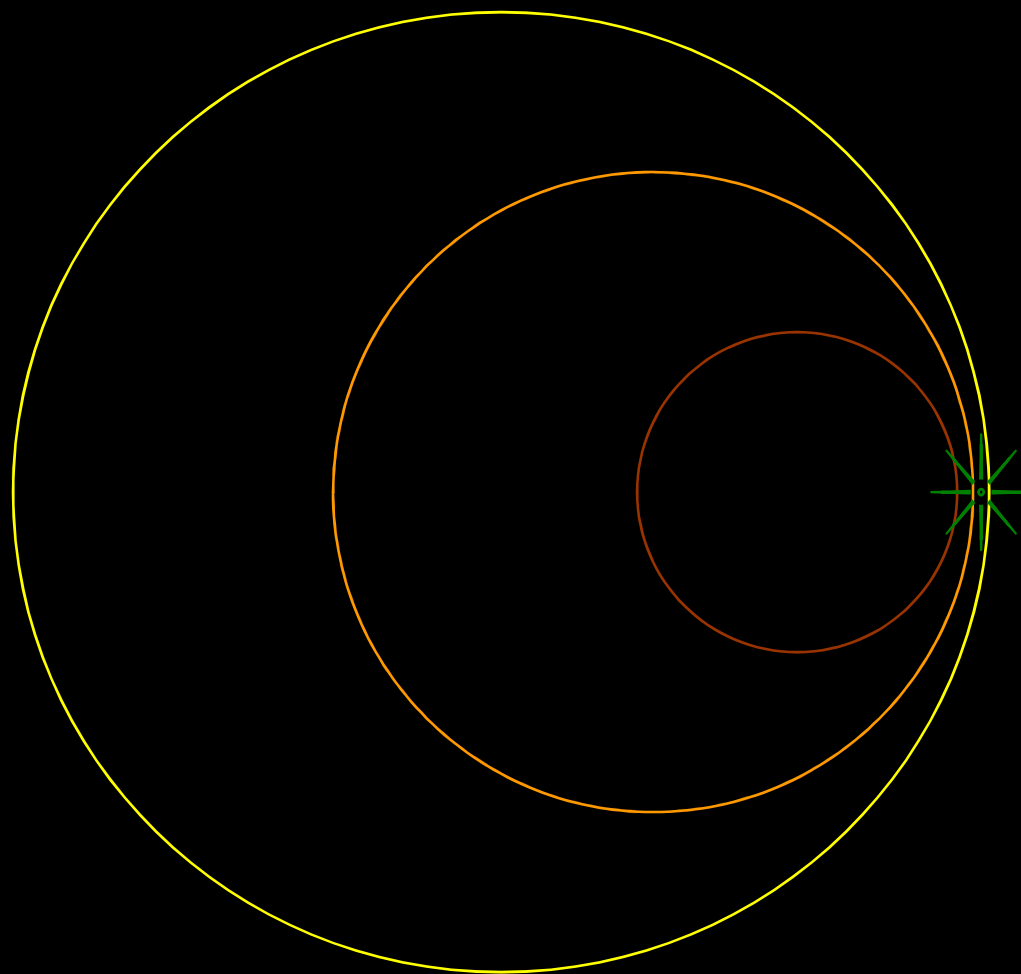


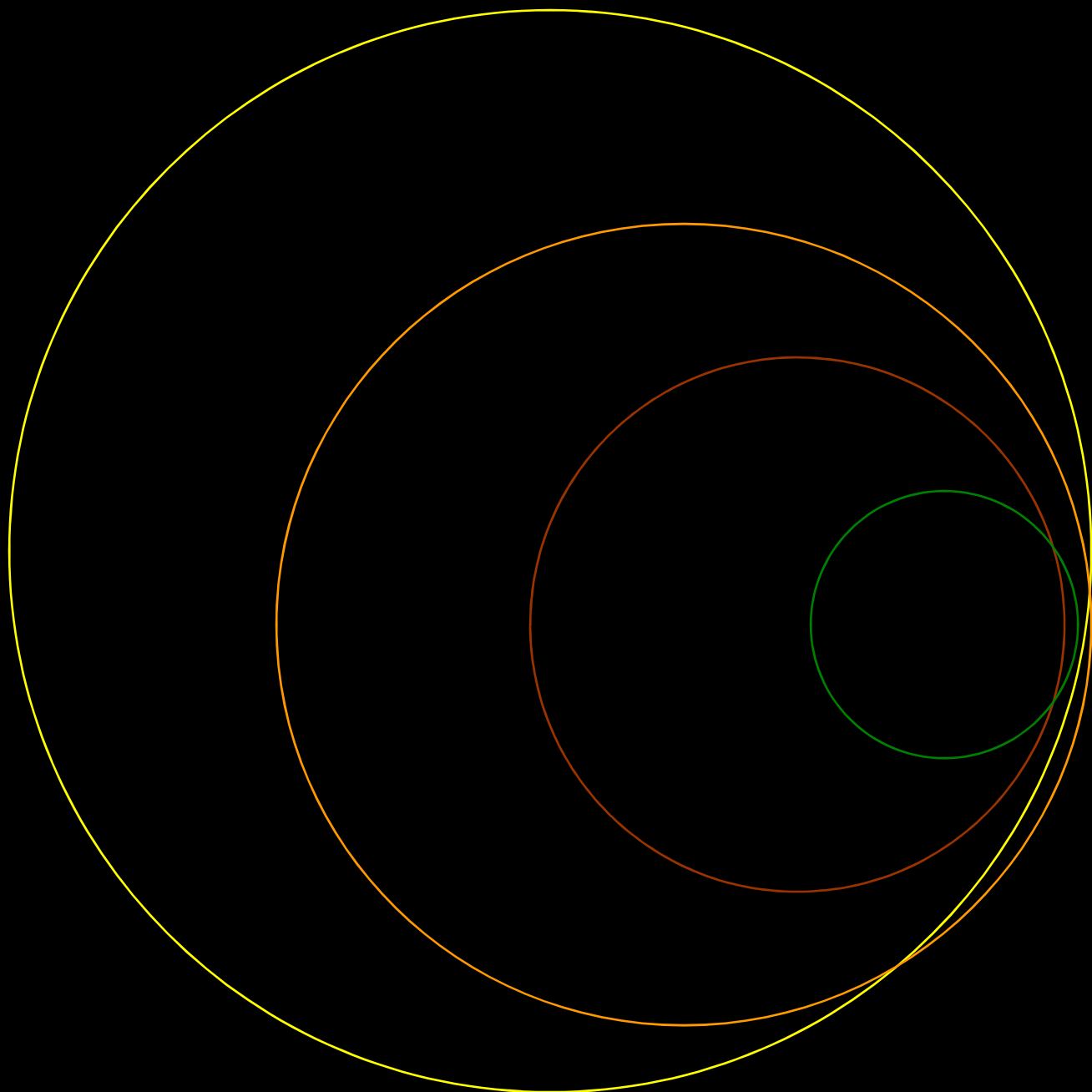
ASI SON LAS ONDAS SI LA FUENTE
VIAJA CON $v = c$

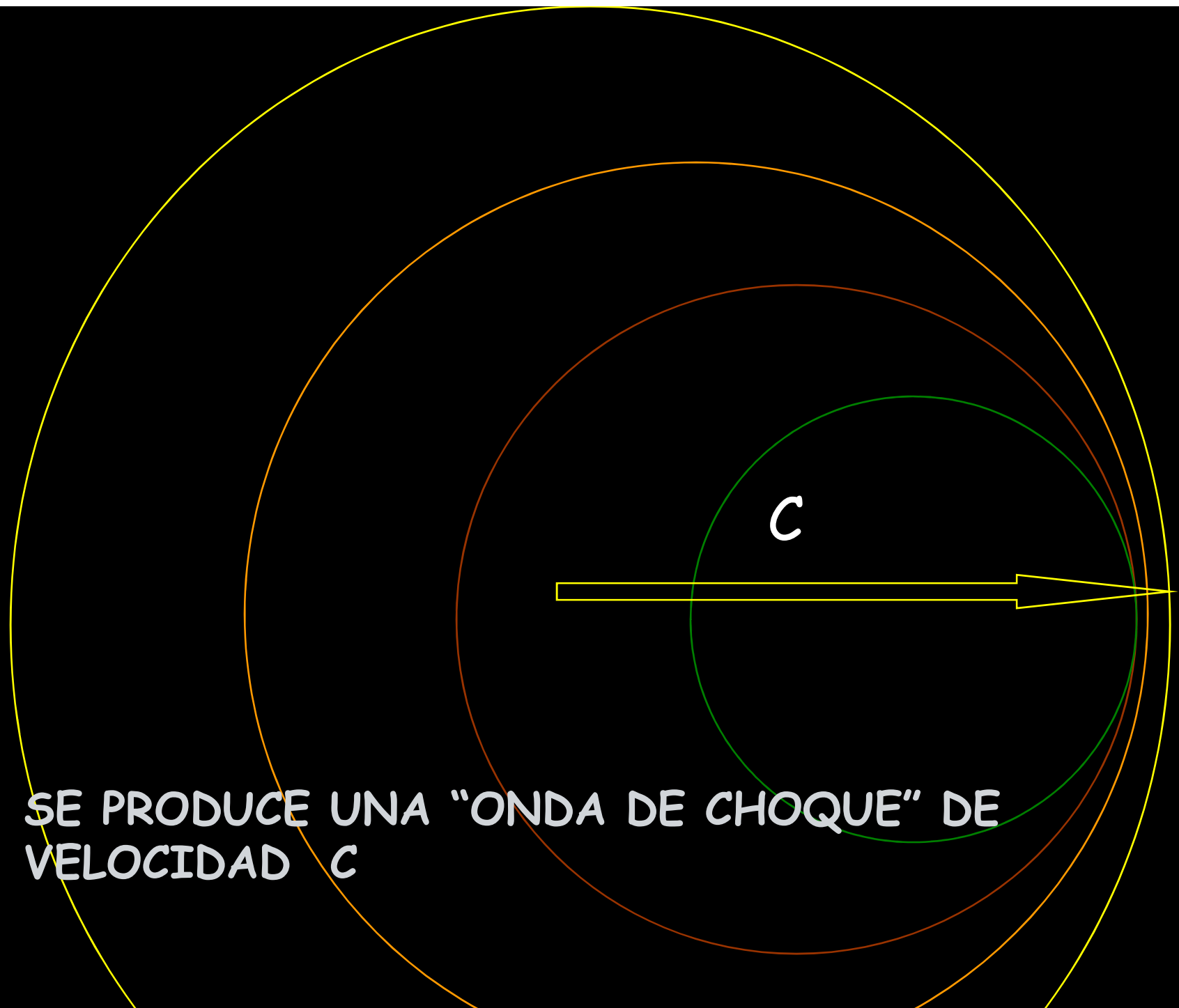






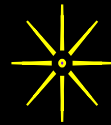


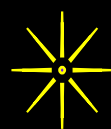


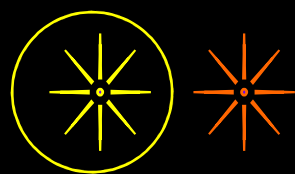


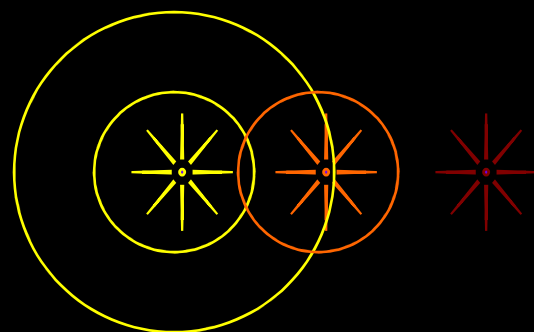
SE PRODUCE UNA "ONDA DE CHOQUE" DE
VELOCIDAD C

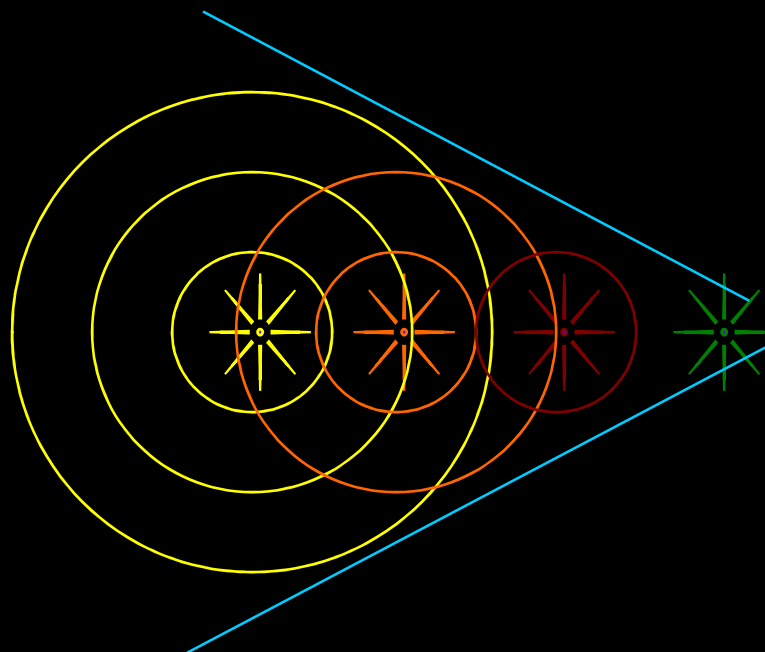
ASI SON LAS ONDAS SI LA FUENTE
VIAJA CON $V > C$

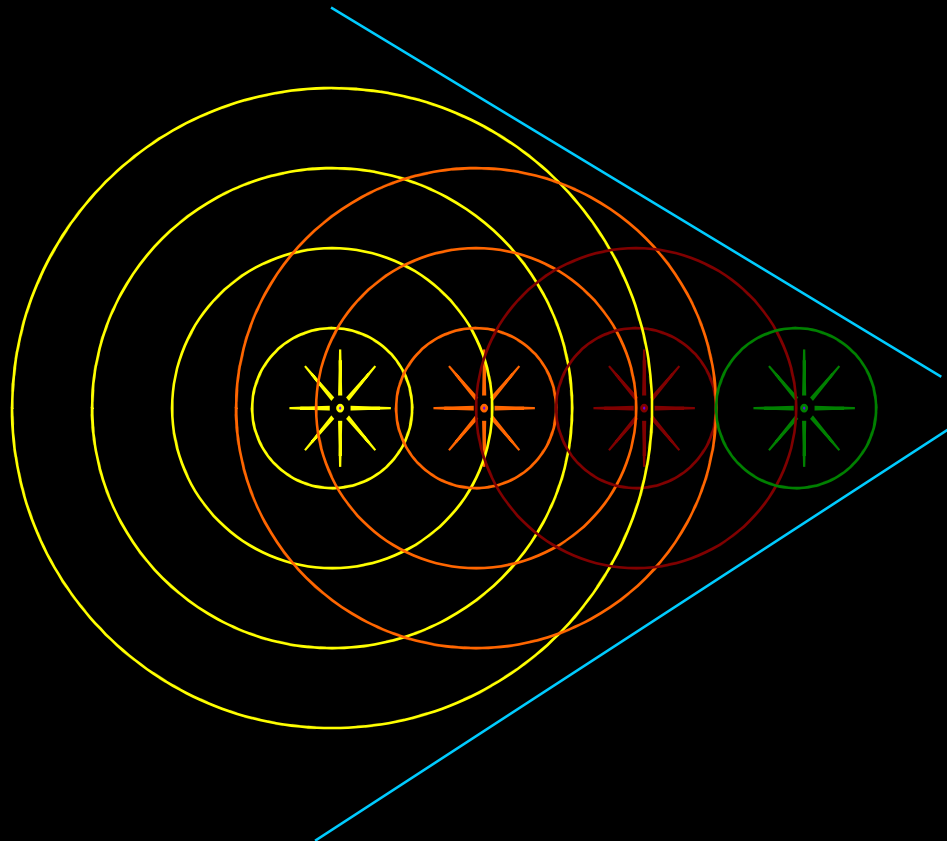


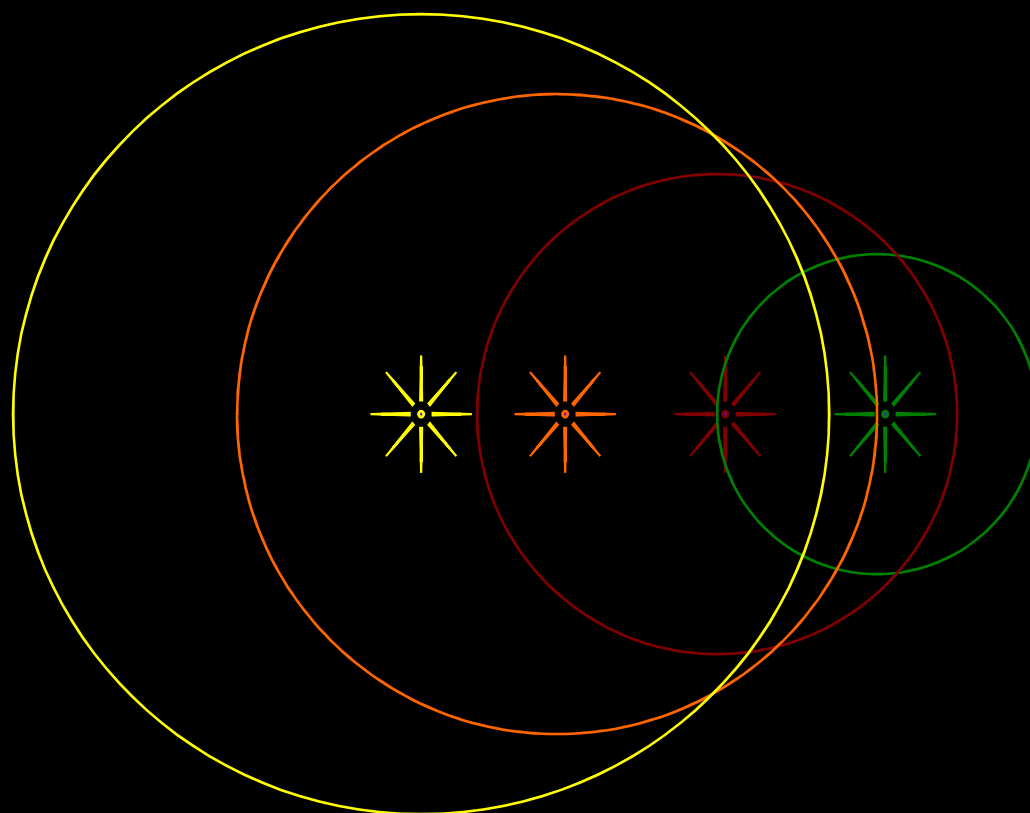


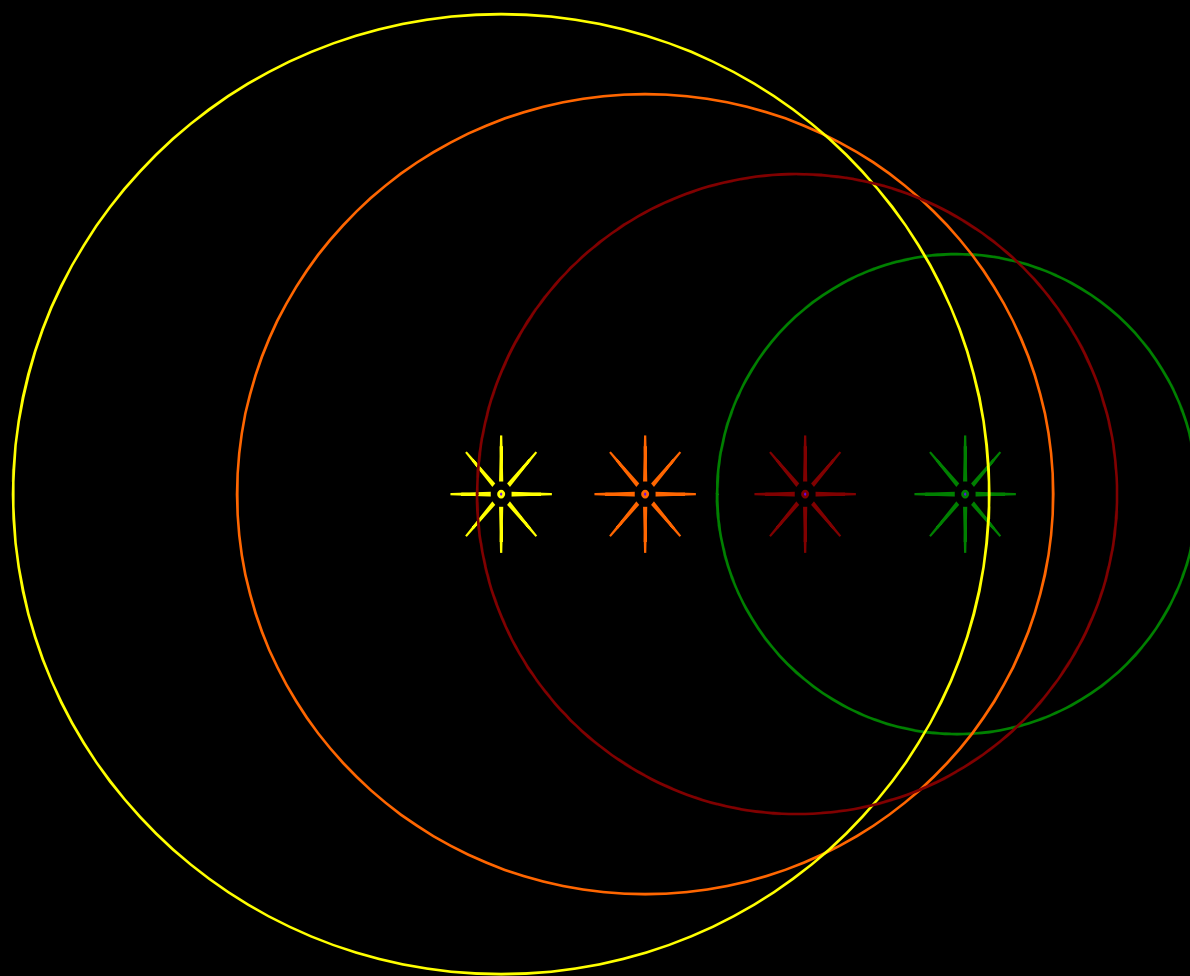


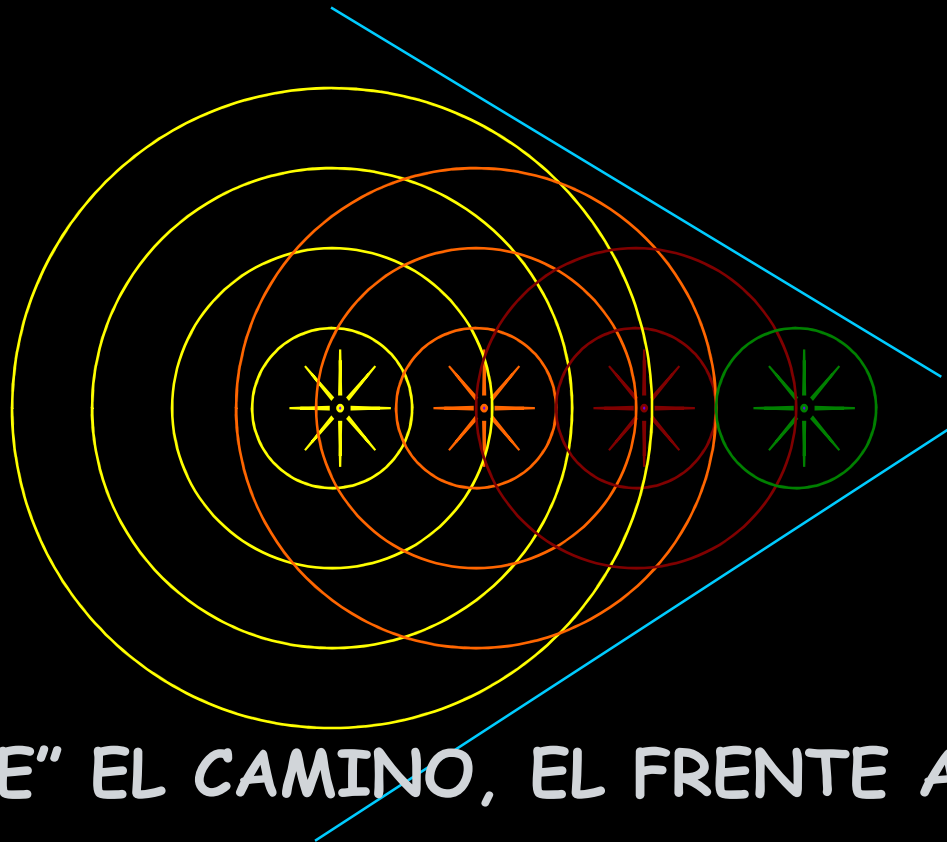












LA FUENTE "ABRE" EL CAMINO, EL FRENTE AZUL
VIAJA A C.

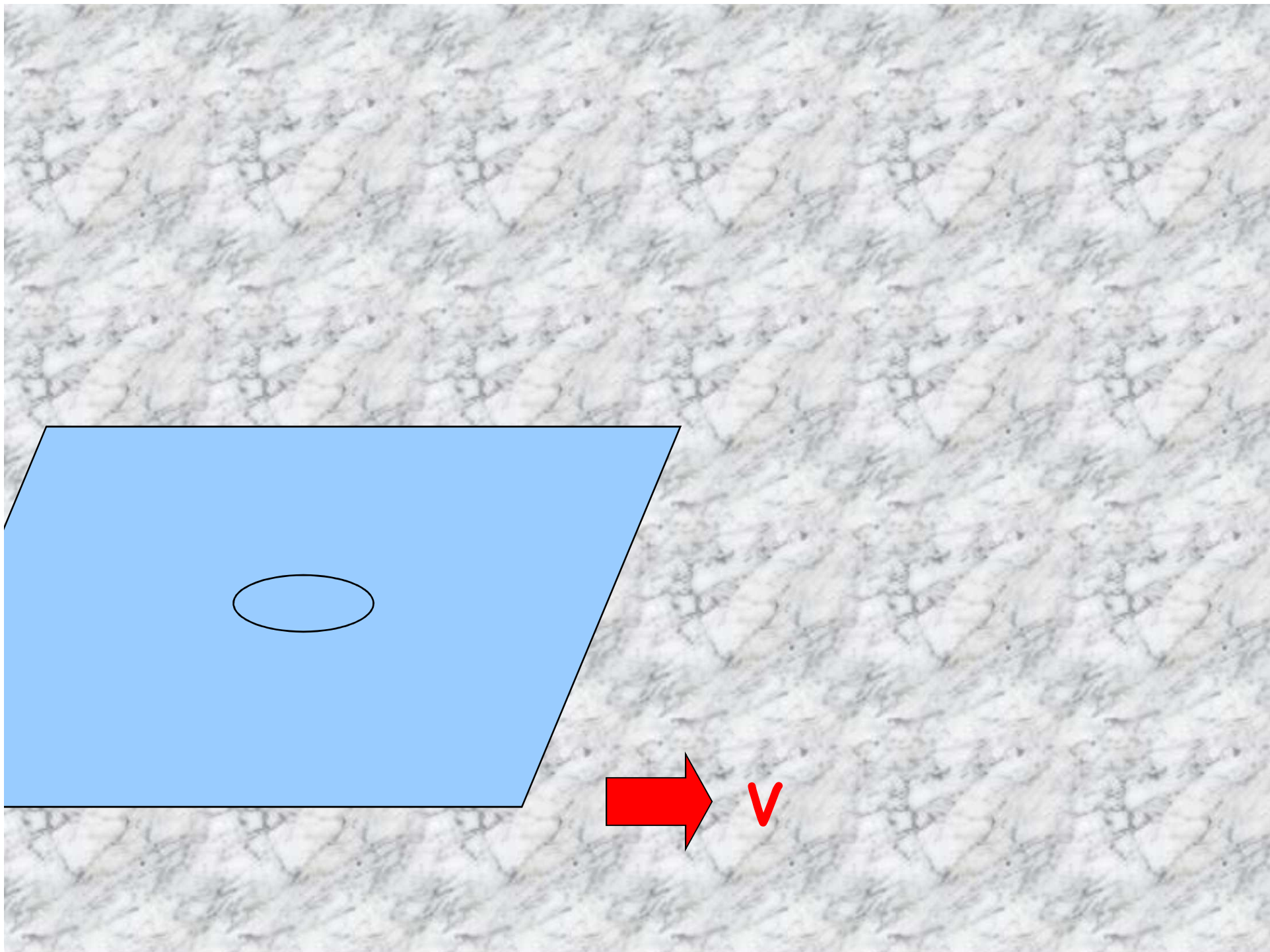
ESTELA DE BARCO

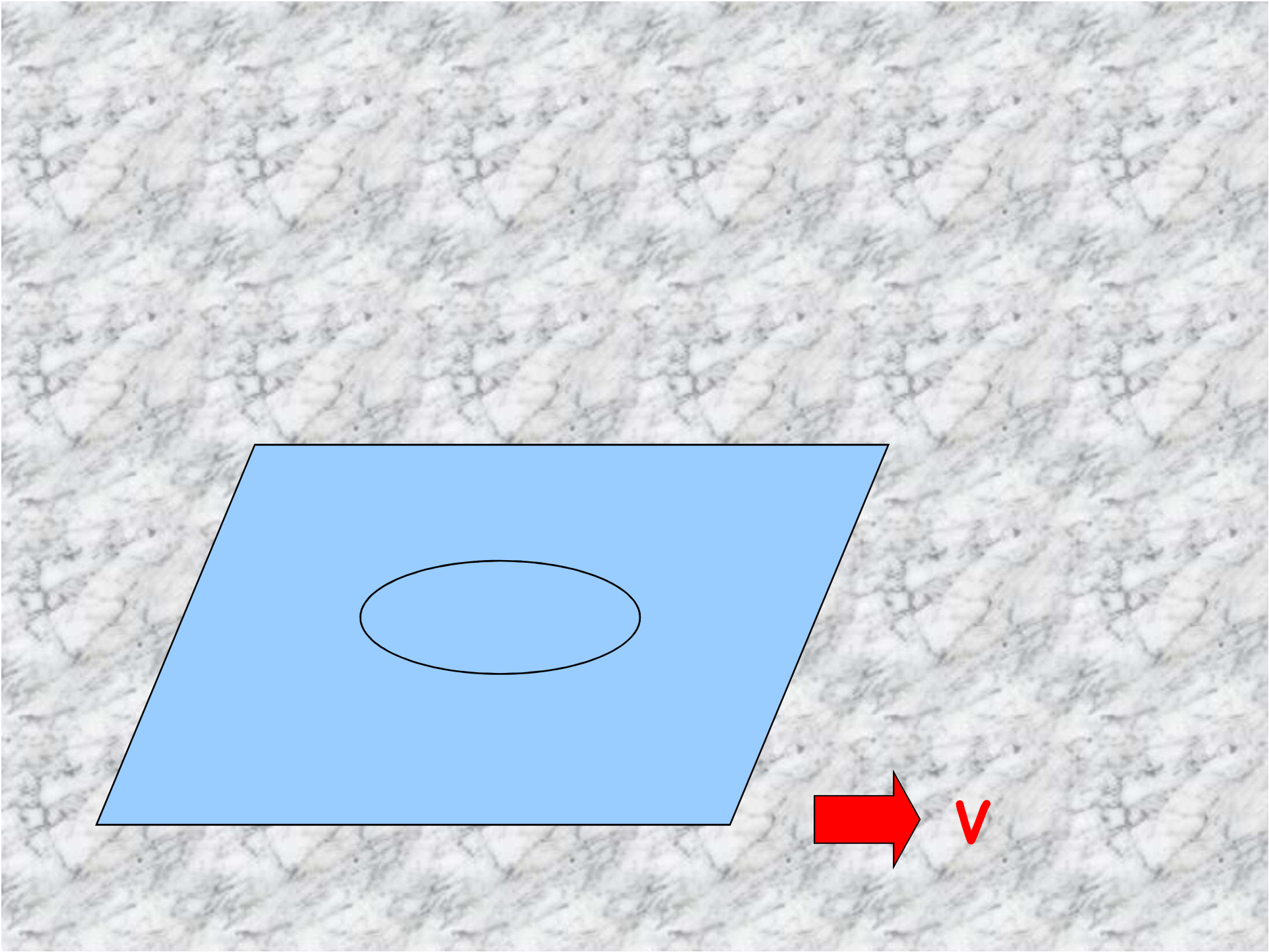
PUEDE OIR LA VICTIMA EL DISPARO QUE LE HACEN?

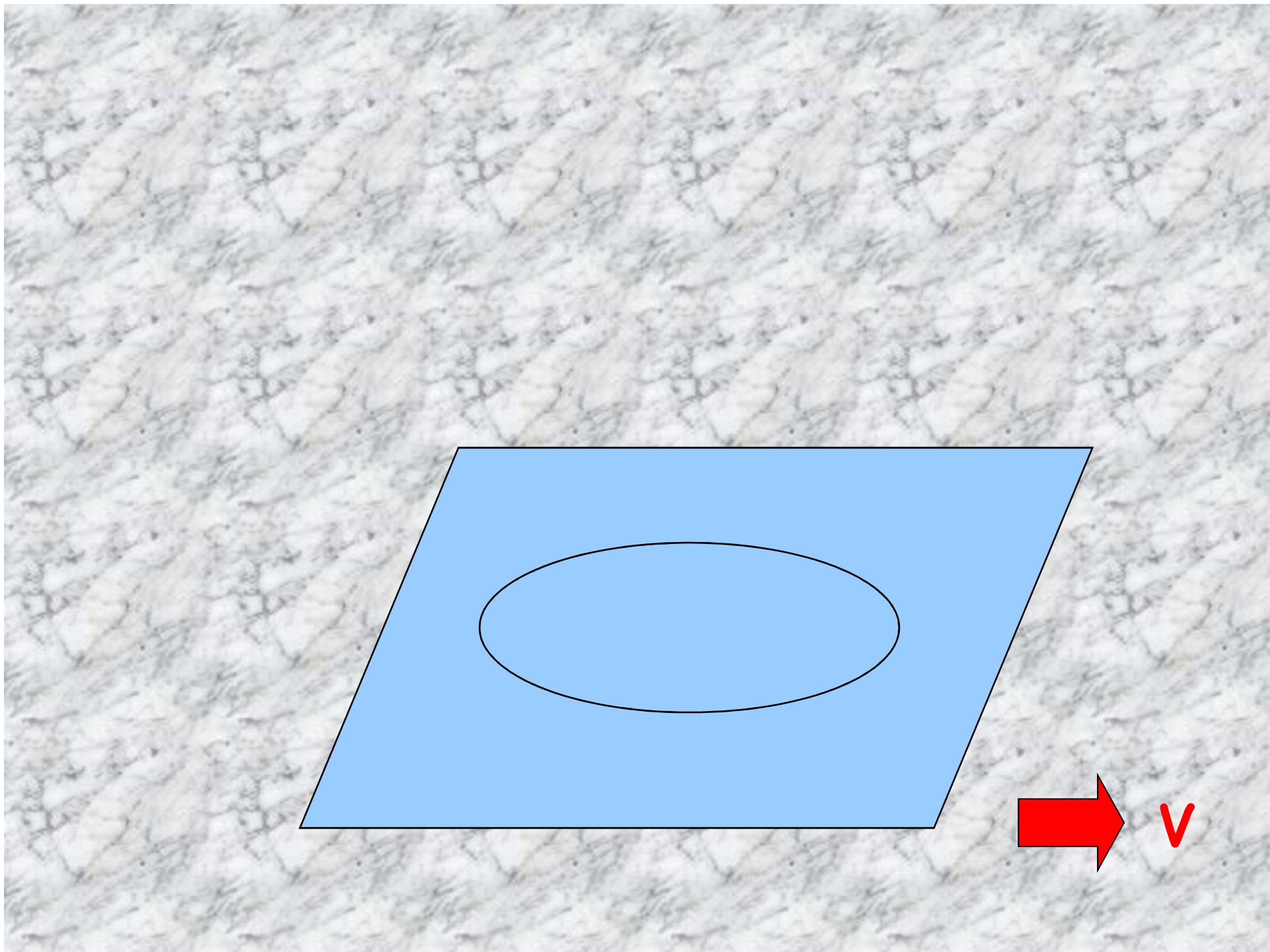
- SE PUEDE "HUIR" DE LA ONDA
- SE PUEDE OIR DOS VECES ALGO LINDO
- SIN AIRE NO SE PUEDE OIR (O AGUA EN EL CASO DE LAS OLAS, ...)
- LAS ONDAS SE PROPAGAN EN UN MEDIO MATERIAL

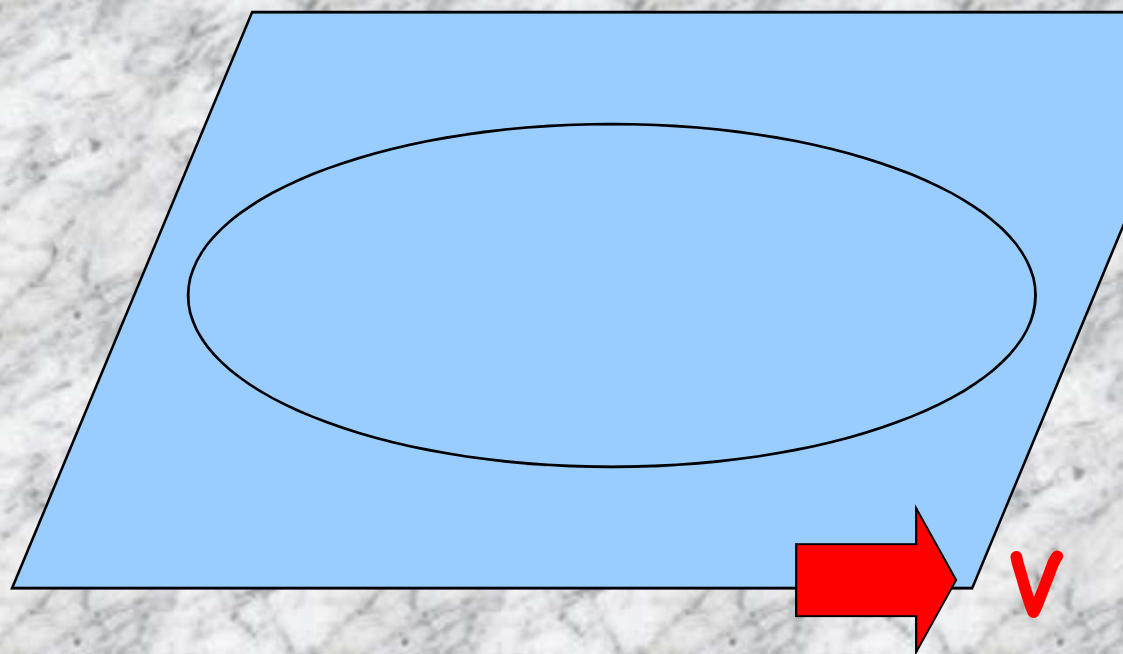
CONCLUSION: LA VELOCIDAD ES LA MISMA SIEMPRE RESPECTO DEL MEDIO "SOPORTE" Y NO DEPENDE DEL MOVIMIENTO DE LA FUENTE.

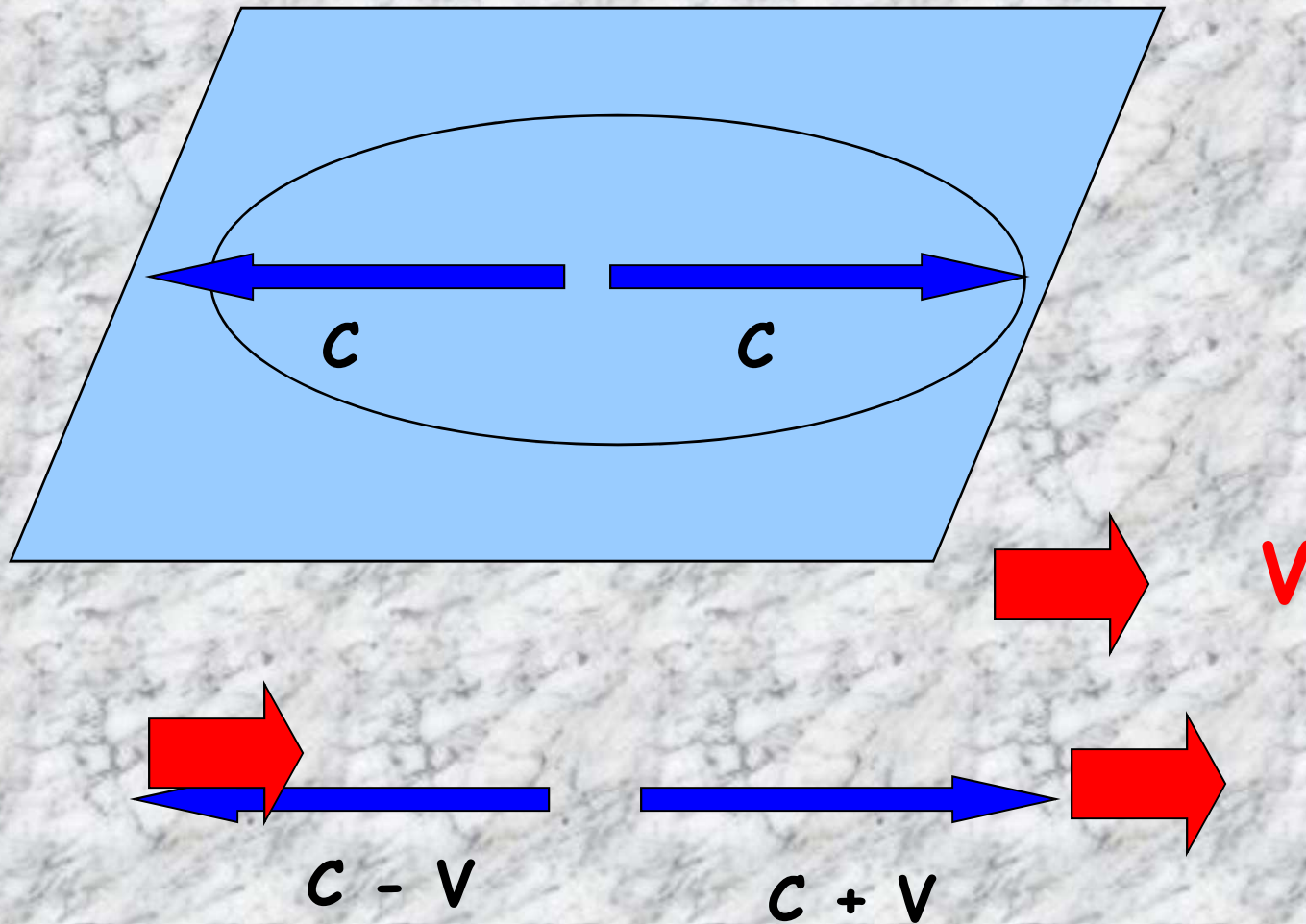
- Si el medio "soporte" se mueve, la velocidad cambia.
- EL VIENTO "ARRASTRA" LOS SONIDOS











- Si el medio "soporte" se mueve, la velocidad cambia.
- EL VIENTO "ARRASTRA" LOS SONIDOS

Y LA LUZ????

ONDAS ELECTROMAGNETICAS EN GENERAL
VELOCIDAD c INDEPENDIENTE DE LA FUENTE
(COMO LAS DEMAS ONDAS)

SE PROPAGAN EN VACIO A 300000KM/S

ESO DICEN LOS EXPERIMENTOS BIEN!!

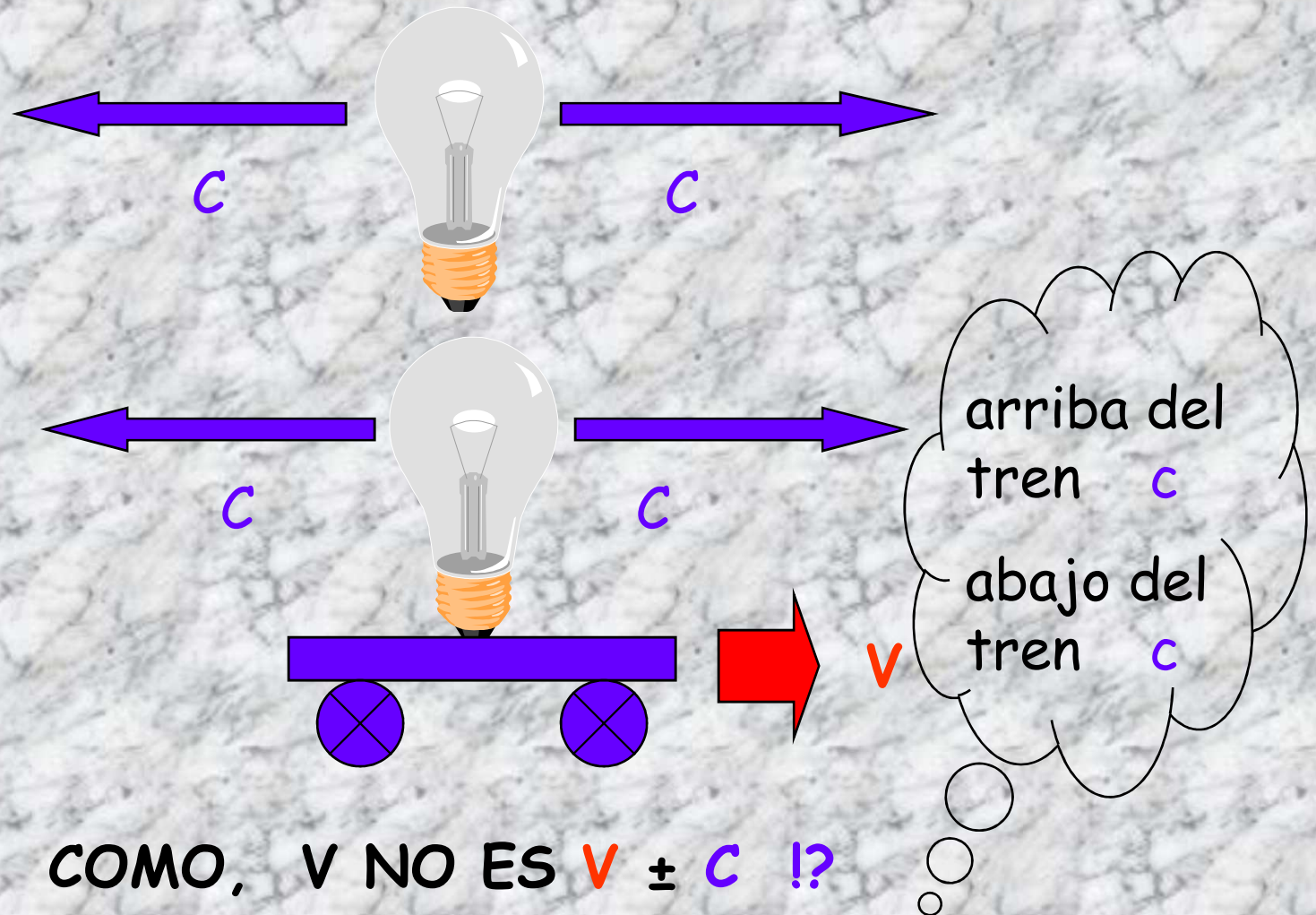
Nooooooooo, todo maaaaaaaal !!!!!!!!!!!

En el VACIO!?!? No puede seeeeeer!!!!

Dónde está quieto el vacío?????????

NO hay "medio" que haga de referencia!

Veamos esto...



ESTE ES "EL" PROBLEMA DE LA RELATIVIDAD

""SOLUCION""...

LO QUE PASA ES QUE LA LEY DE SUMA DE LAS VELOCIDADES ESTA MAL!!

CUAL, LA DEL TREN Y EL CONEJO???

SIIIIIII, ESA.

COOOOOOOOMO??? NO ESTABA PERFECTA??

NEIN, NEIN, DIJO EINSTEIN.

ALGO ES MUY DIFERENTE DE LO QUE
CREIAMOS QUE HACE $v(\text{LUZ}) = c$ ARRIBA
DEL TREN Y ABAJO DEL TREN!!!!

Mein freund, las cosas son asi.....

Postulados de la relatividad especial:

1) Todos los fenómenos físicos ocurren de igual manera en sistemas que se mueven uniformemente unos respecto de otros.

Significa que la forma como se emite la luz para una lámpara fija en el andén vista en el andén es igual a la forma como se emite la luz de la lámpara en el tren vista en el tren.

Esto NO contesta la pregunta: cómo se ve en el andén la luz emitida por la lámpara del tren?

2) La luz (toda radiación electromagnética en rigor) viaja EN VACIO como una onda: su velocidad No depende de si la lámpara se mueve o está quieta.

Pero, entonces 1) y 2) juntas significa que....

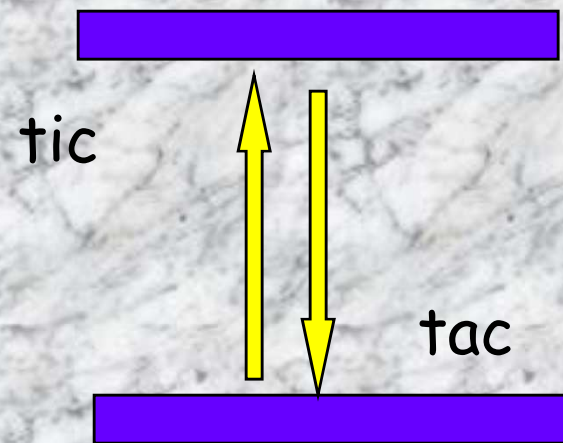
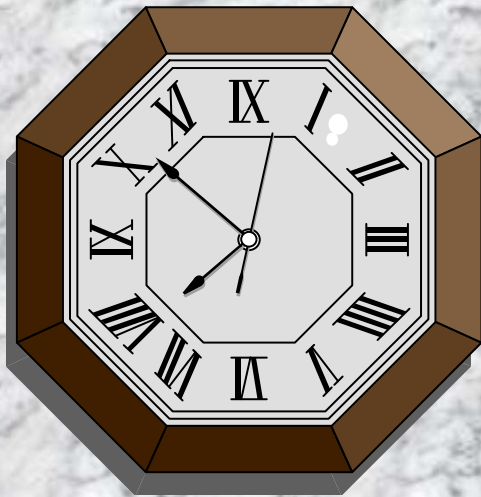
La luz de la lámpara del tren viaja a velocidad c vista arriba del tren, y viaja a velocidad c vista del andén también!?!?!?!?

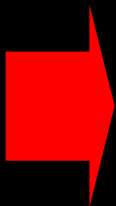
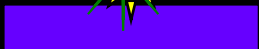
ALGO ES MUY DIFERENTE DE LO QUE CREIAMOS QUE HACE $v(\text{LUZ}) = c$ ARRIBA DEL TREN Y ABAJO DEL TREN!!!!

La clave?

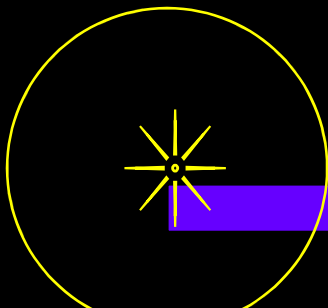
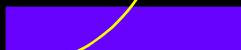
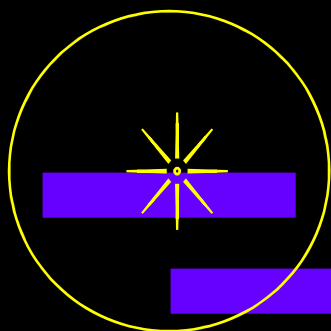
Un fenómeno que ocurre en el tren, cuando se lo mira desde el andén transcurre en **diferente tiempo**. Se llama "dilatación del tiempo"

Si los postulados 1) y 2) están bien, esto se ve muy fácil.

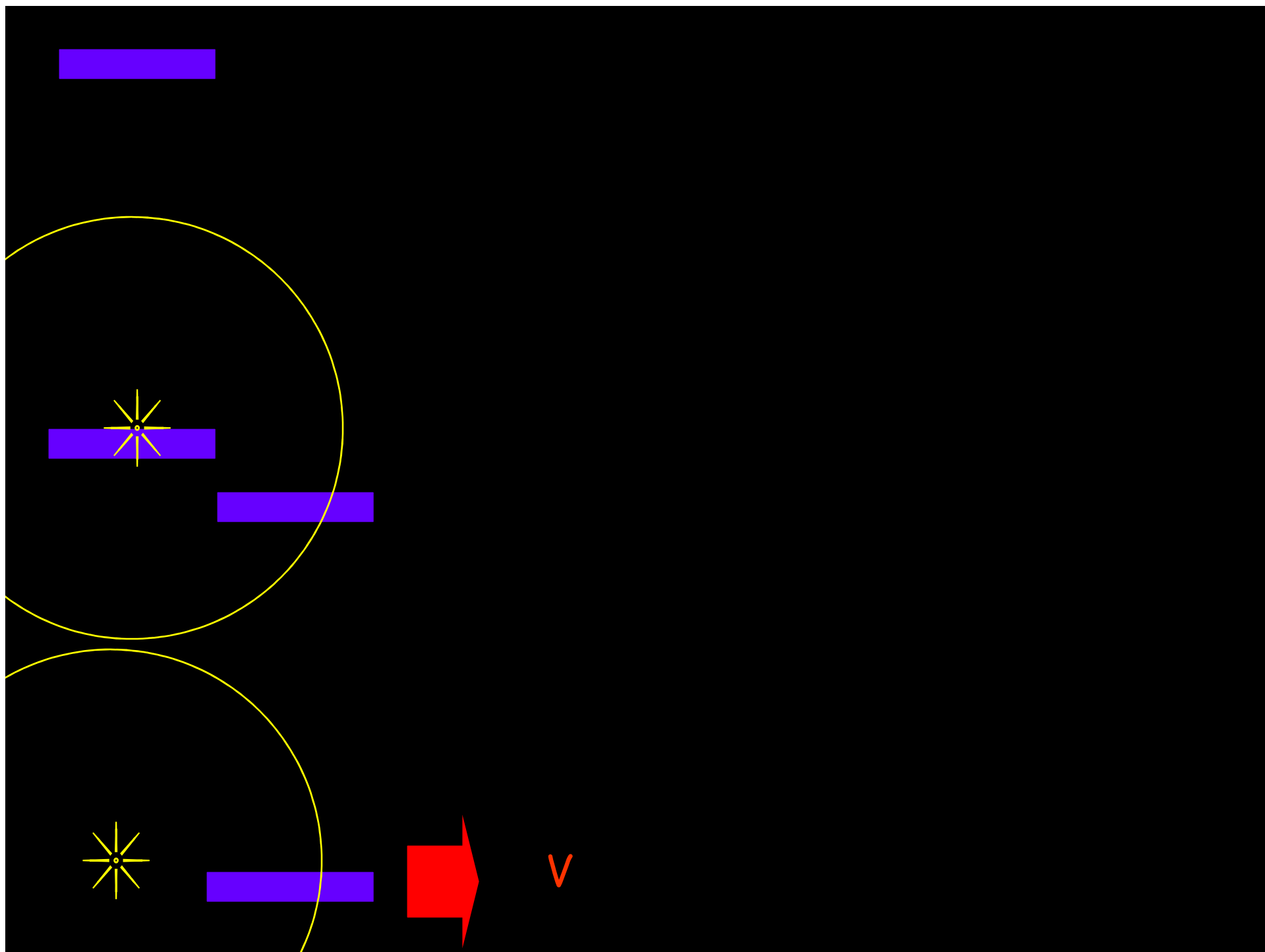


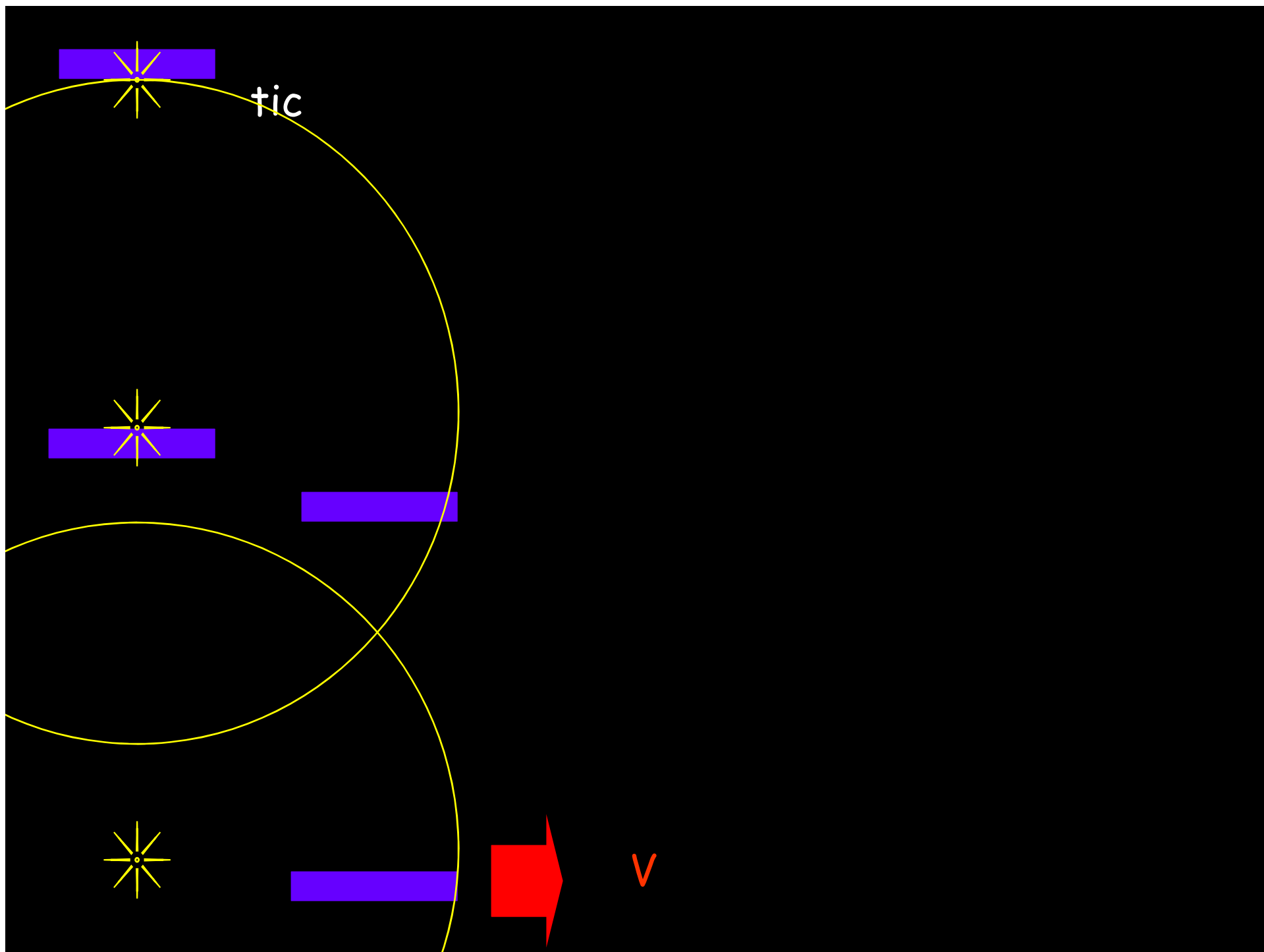


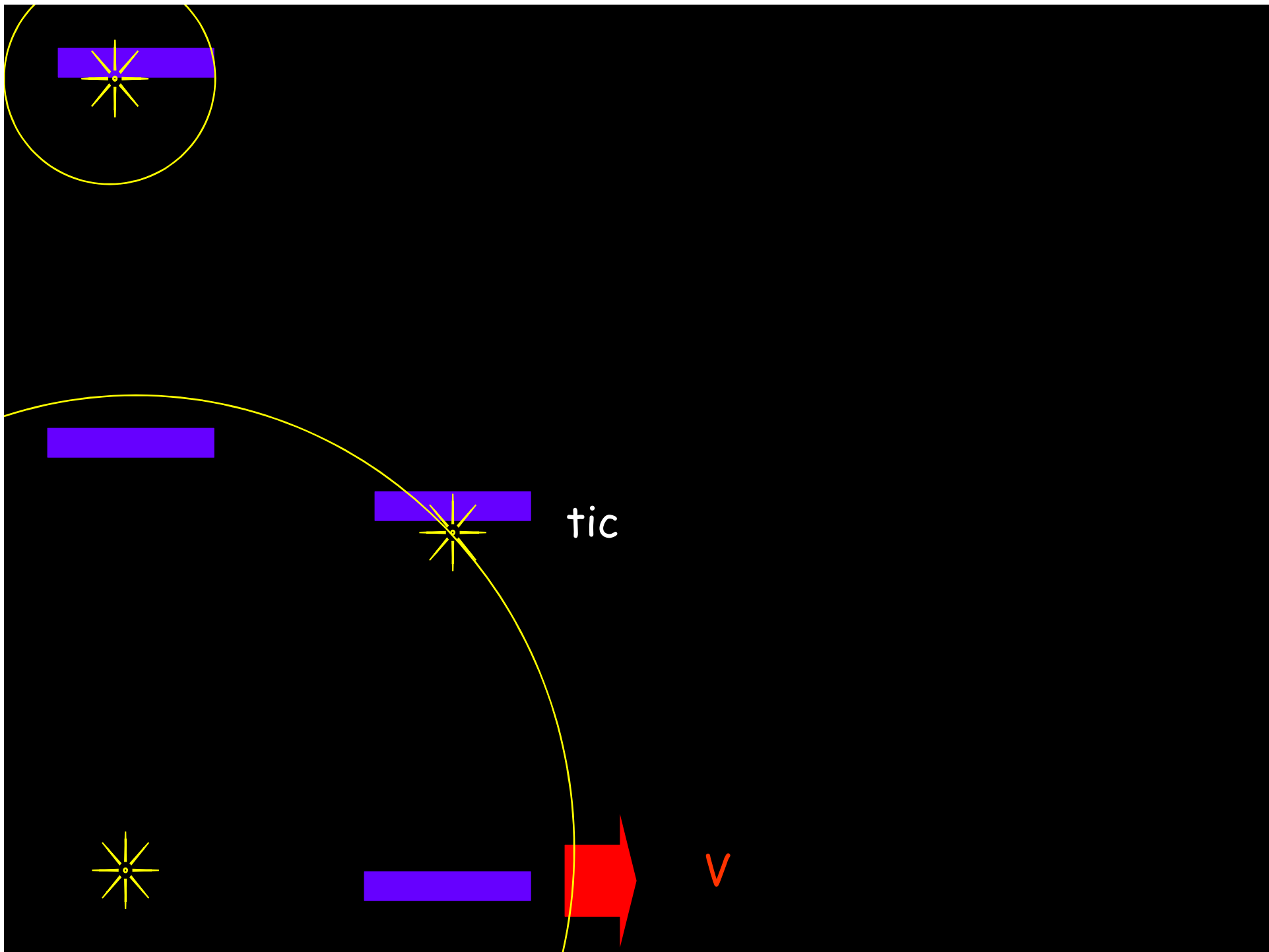
v

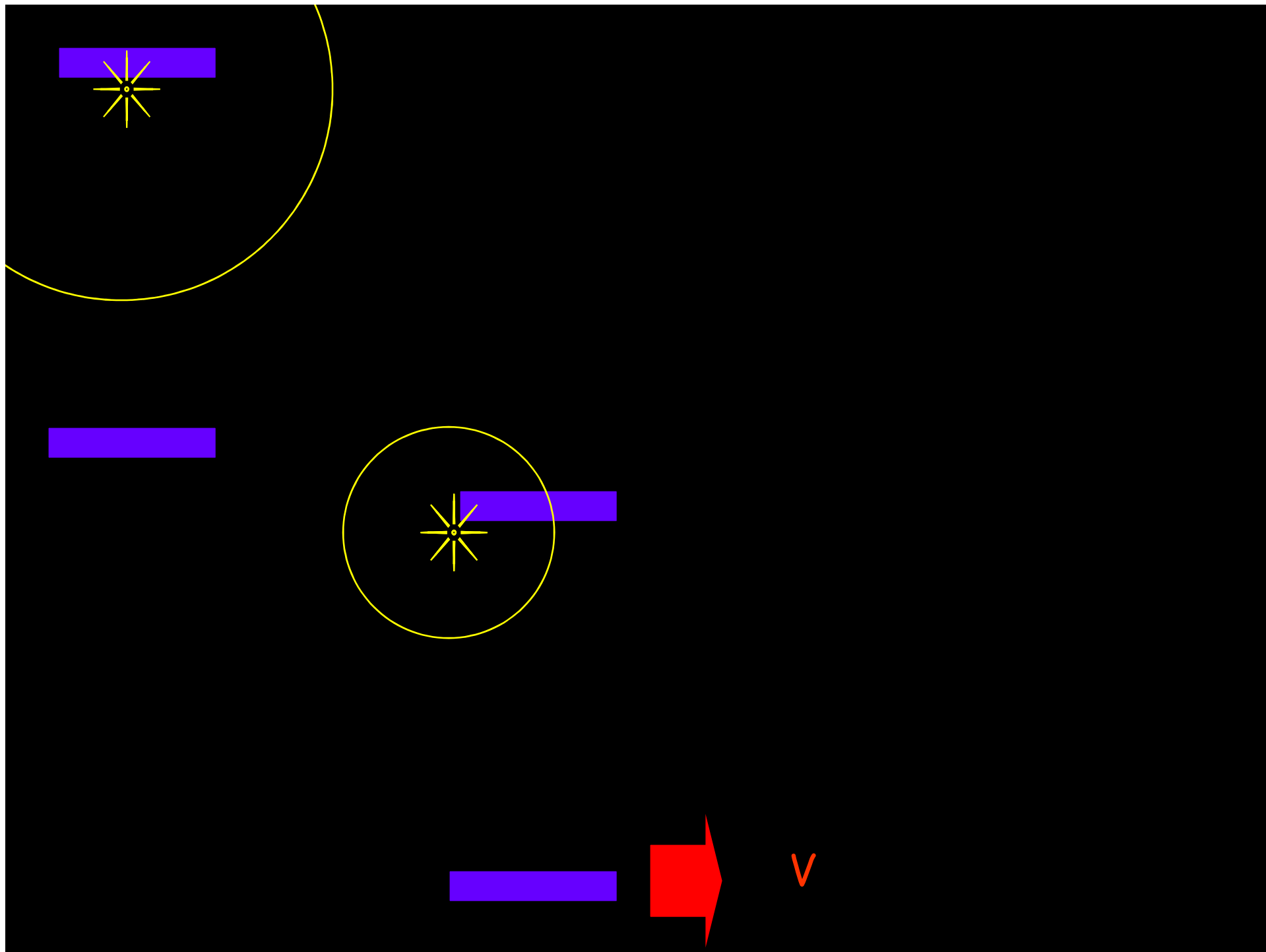


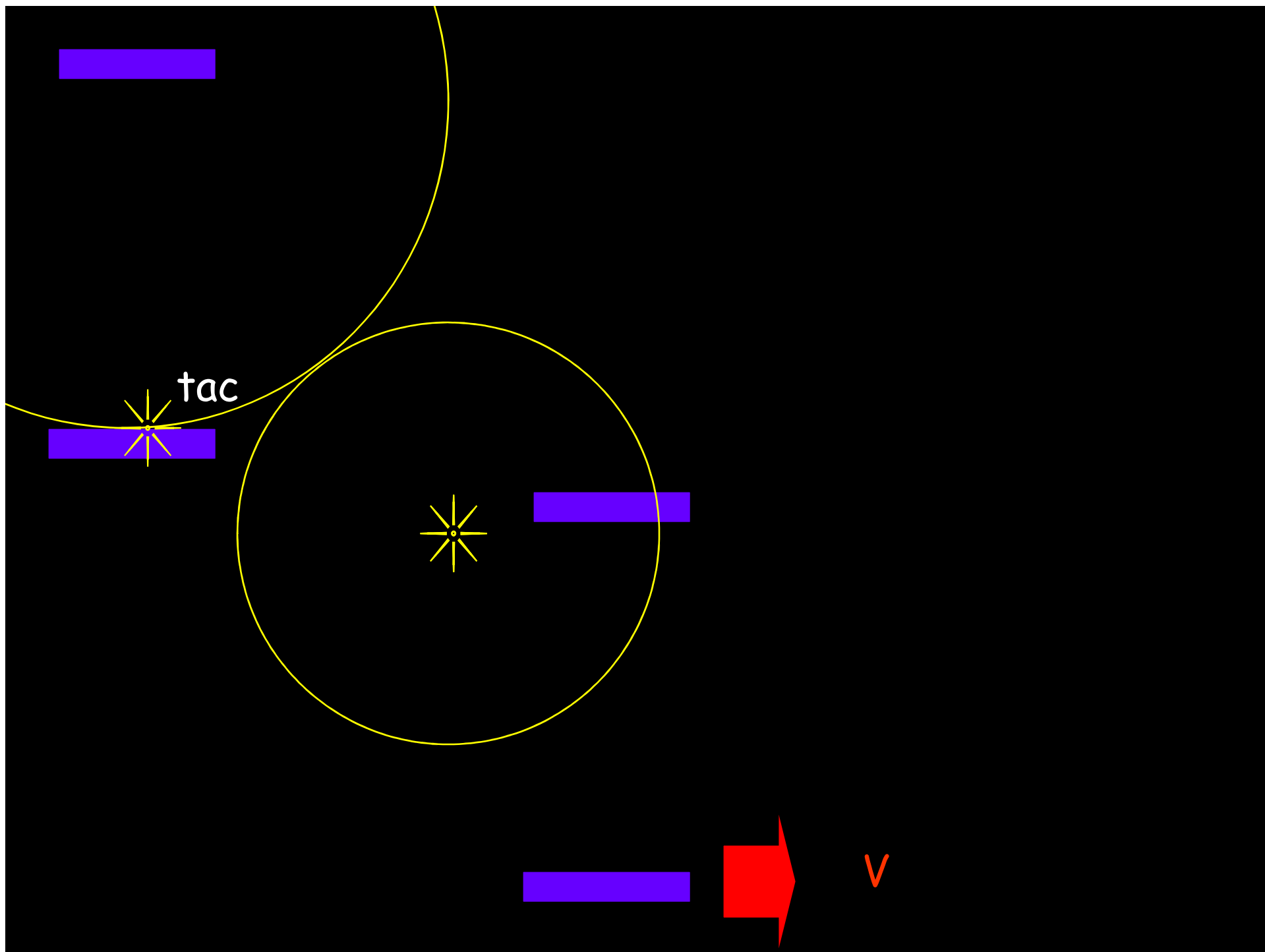
v

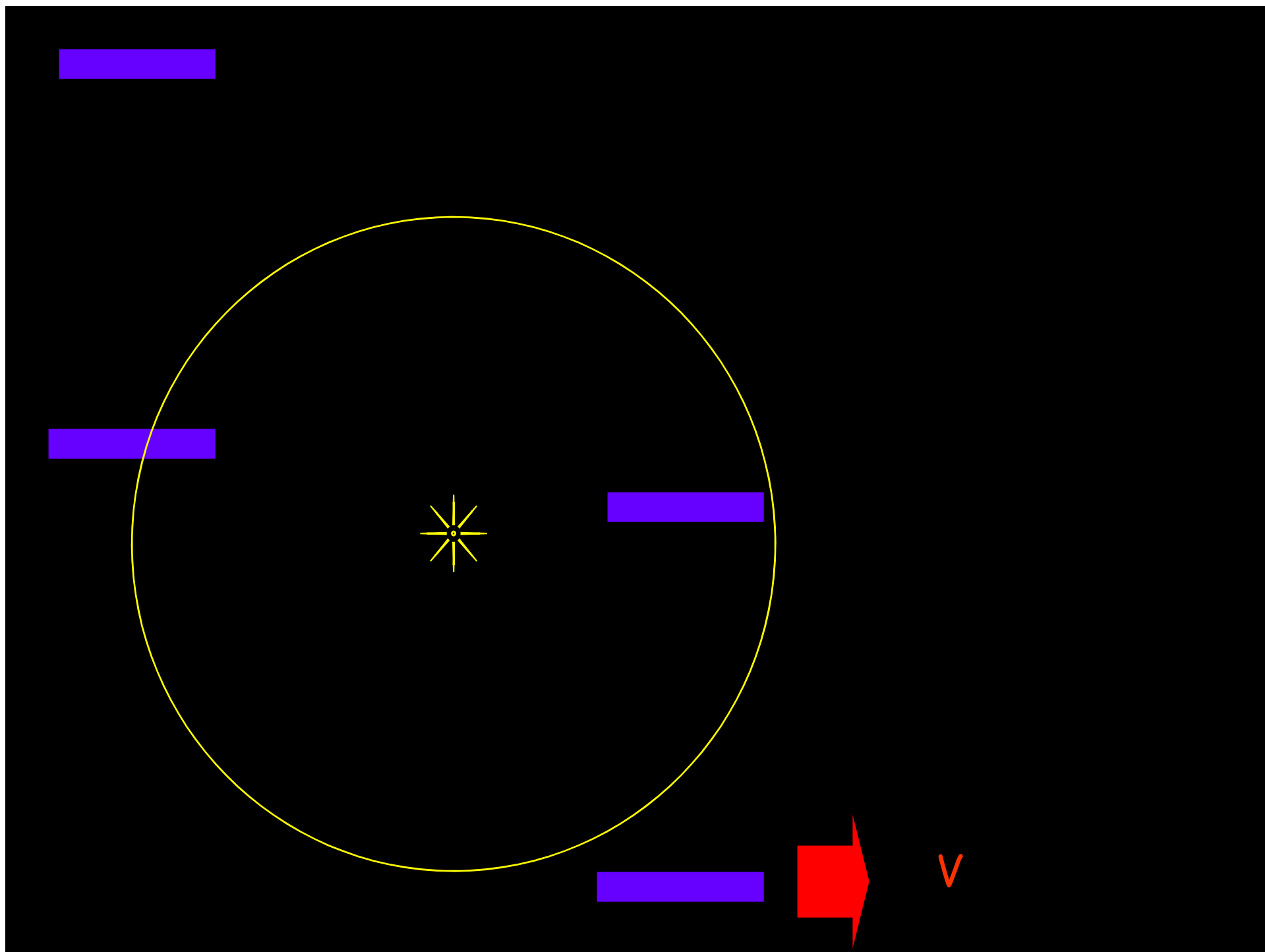


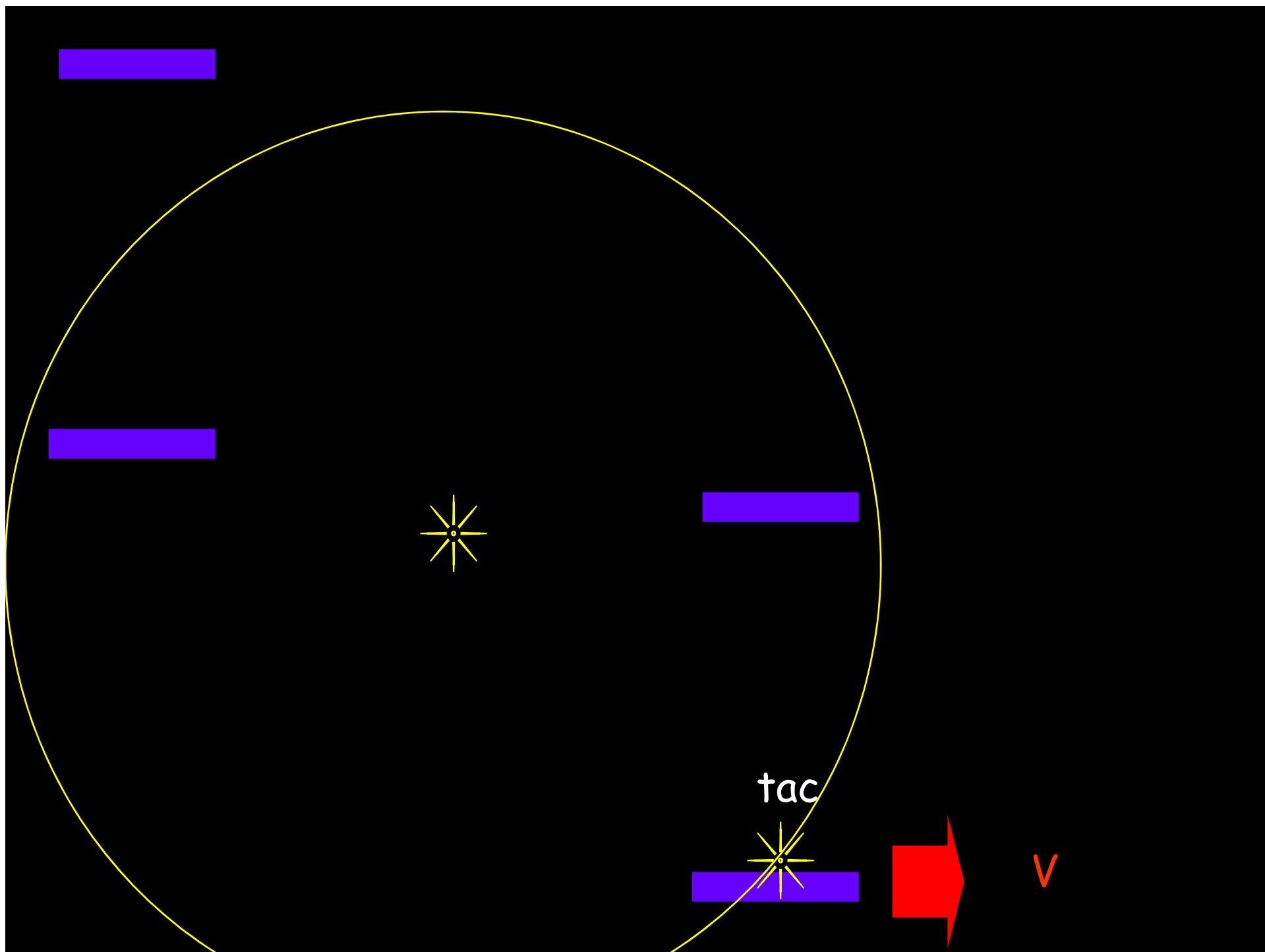












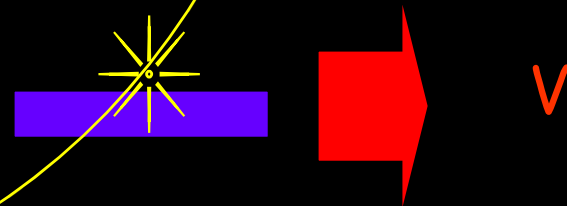
Entre tic y tac pasaron 6 s. en el reloj quieto
pero pasaron 8 s. en el reloj movi!!!

Sin embargo, para el que va arriba del tren pasaron 6s.

- Tiren los relojes pulsera che!

EL MOVIMIENTO AFECTA AL TIEMPO

tac



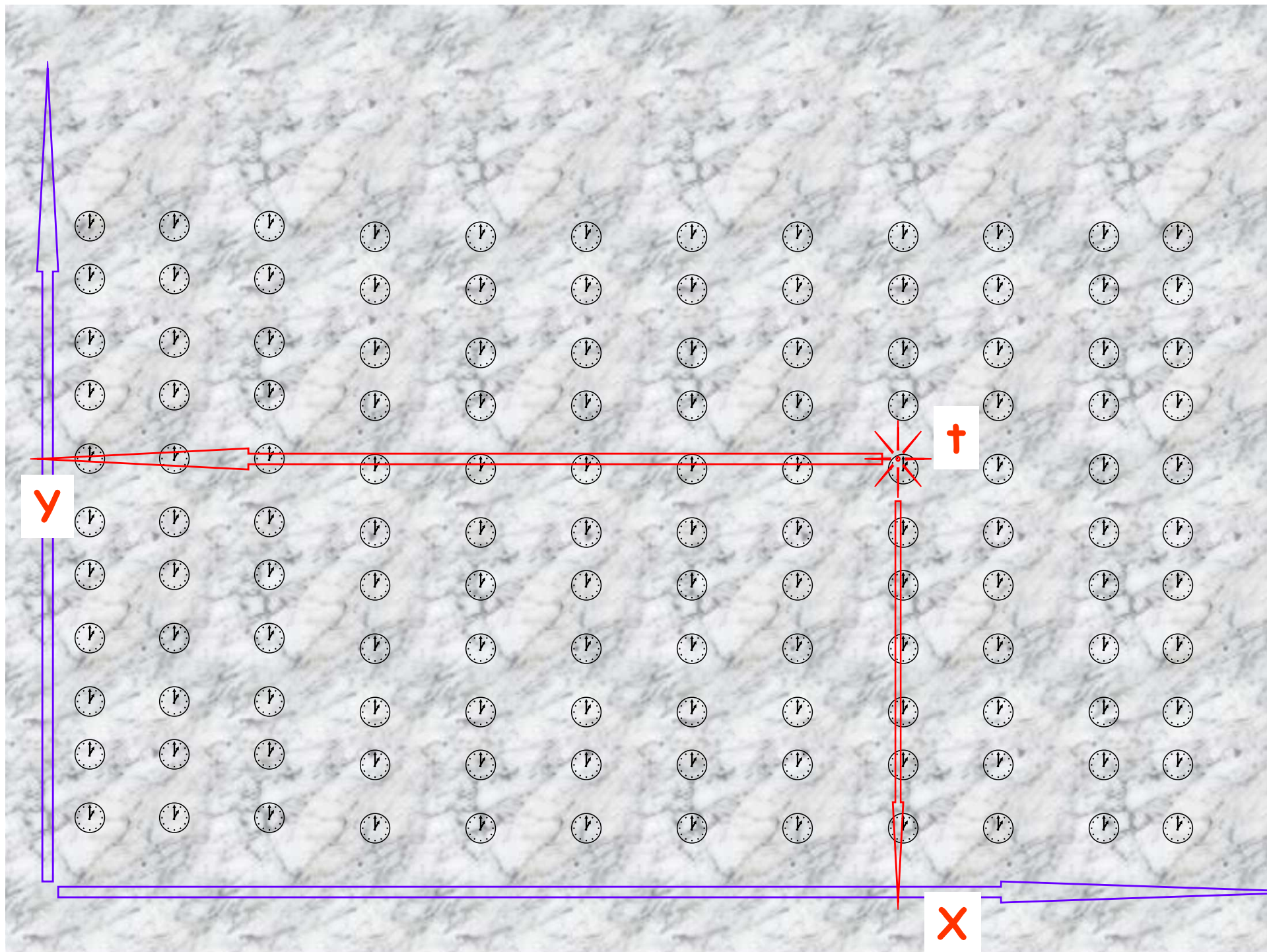
*******El tiempo es relativo*******

Las velocidades no se suman porque arriba del tren y abajo
el tiempo transcurre a diferente ritmo

Entonces, de qué estamos hablando cuando damos un cierto
valor de **tiempo**?

ESTO ES UN SISTEMA DE REFERENCIA RELATIVISTA:

un sistema de relojes **FIJOS** uno respecto del otro que
"registran" el lugar y hora de cada cosa que pasa.



La teoría de la relatividad ha cambiado la manera como entendemos lo que significan los valores de x , y , t que identifican el lugar y tiempo en que suceden las cosas.

Por lo tanto es más fundamental y afecta a todas las teorías físicas sobre las fuerzas de la naturaleza.

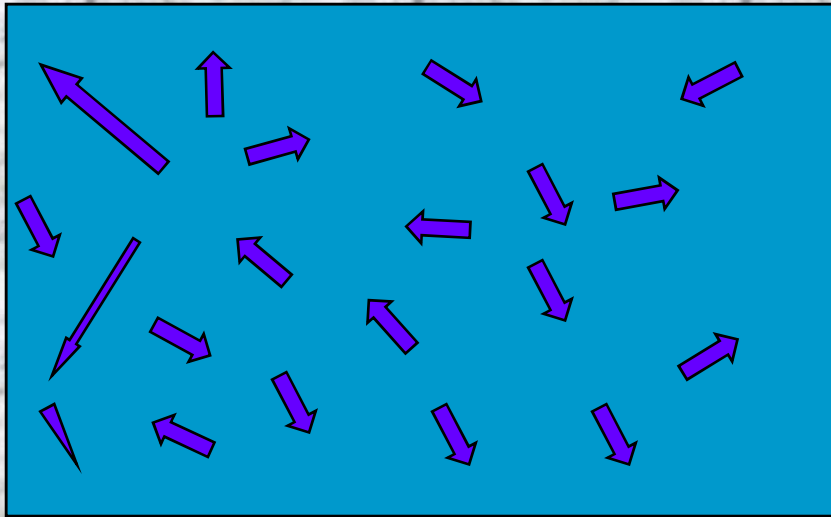
Ahora sí, cuentas, trabajo a partir de esas ideas fundamentales llevan a

~~$$E = \frac{1}{2}mv^2$$~~

$$E = mc^2$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v^2 / c^2)}}$$

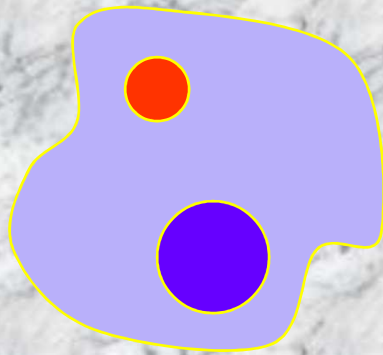
Masa y Energía quedan "atadas": la masa es una medida de la energía de un sistema



$$Mc^2 = E$$

A mayor Temperatura,
mayor velocidad
 $\Rightarrow$ mayor Masa

FISION



$$M > m + m$$

Sobra energía: $E = \Delta M c^2$

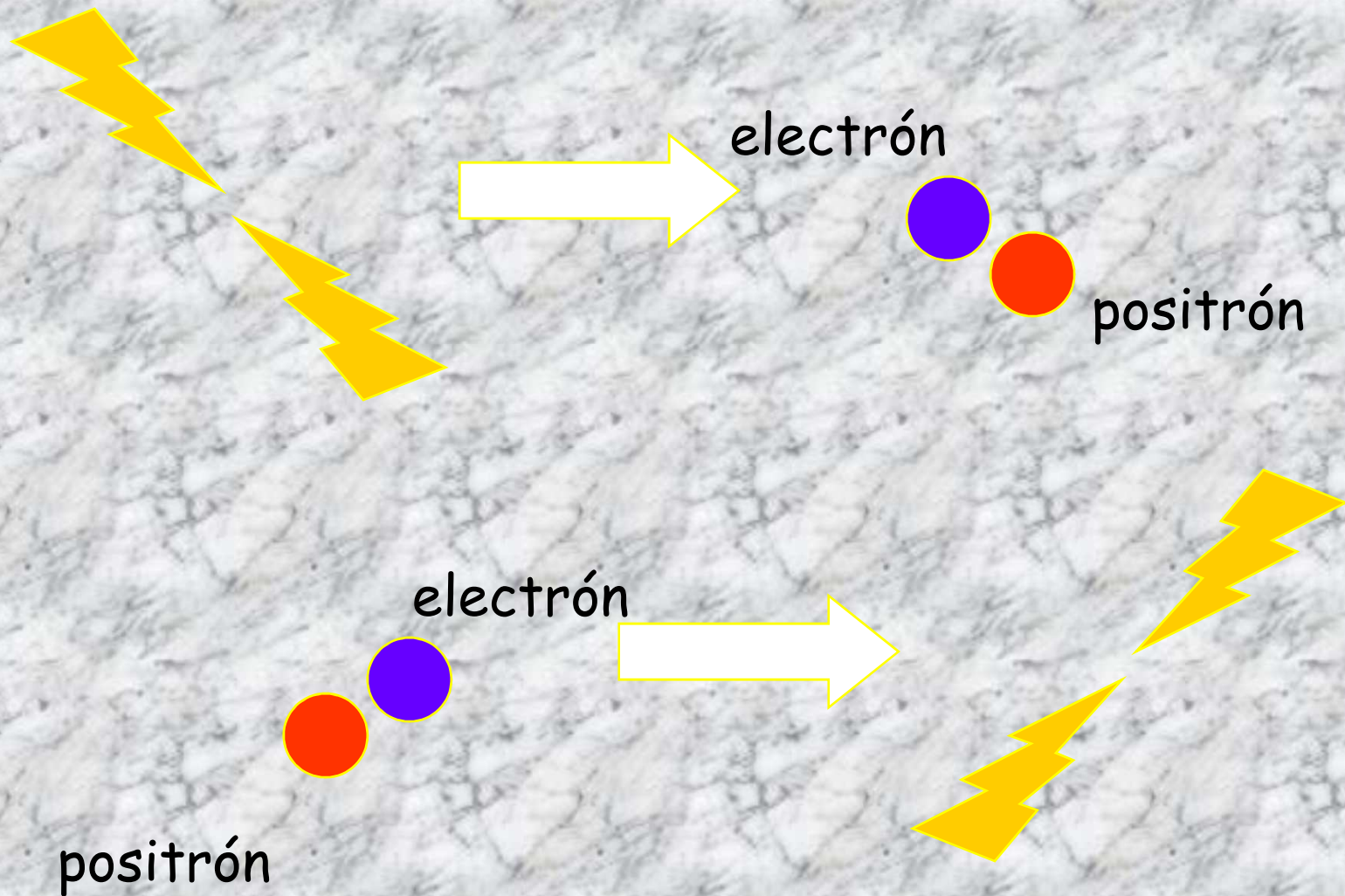
FUSION



$$M < m + m$$

Sobra energía: $E = \Delta M c^2$

Creación de pares partícula - antipartícula



La energía contenida en la materia:

$$E = mc^2$$

les

les

les

les

Conclusión: Por qué ciencia en el colegio?

- Ciencia vs. Charlatanería científicoide

- Fenómenos observables y repetibles

⇒ refiere a cosas verificables

- Mediciones cuantitativas

- Relaciones entre cantidades medibles

- Objetividad; conciencia crítica; cultura.

- Herramientas de la cultura para desenvolverse en el mundo. Matemática, física, química son *formativas*.

Y FASCINANTES!!!

Créditos

Albert Einstein

Maxwell

Lorentz

Poincaré

Michelson-Morley

Fizeau

Fitzgerald

Minkowski

Weyl

etc...

Y FASCINANTES!!!