



# ¿Física en la Medicina?

Rol de la Física Medica en general y de la Radioterapia en particular.

Dr. Willy H. Gerber  
Instituto de Física  
Universidad Austral de Chile  
Valdivia, Chile



## ¿Que es física?

The grand aim of all science is to cover the greatest number of empirical facts by logical deduction from the smallest number of hypotheses or axioms.

- Albert Einstein

## Pequeño Corolario y advertencia

It doesn't matter how beautiful your theory is, it doesn't matter how smart you are. If it doesn't agree with experiment, it's wrong

- Richard Feynman

## Que aporta la física



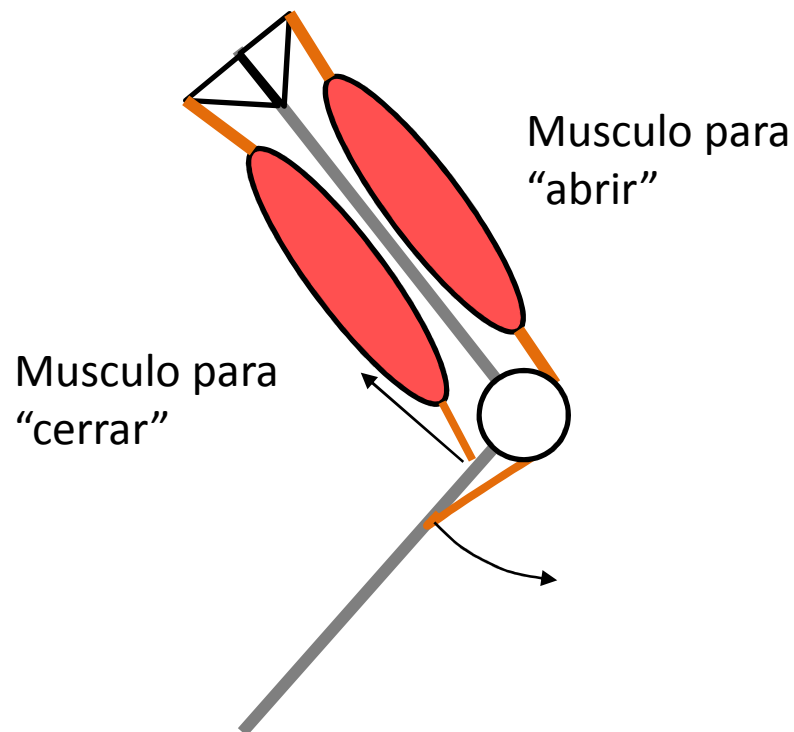
Una hipótesis “apropiativa”: busca explicar el cómo ocurren las cosas ... mientras otras ciencias, explican el que ocurre.

Bueno, tomemos el caminar, que es un típico tema relacionado con nuestro cuerpo:  
¿Cómo caminamos?

## El Modelo Hueso - Musculo



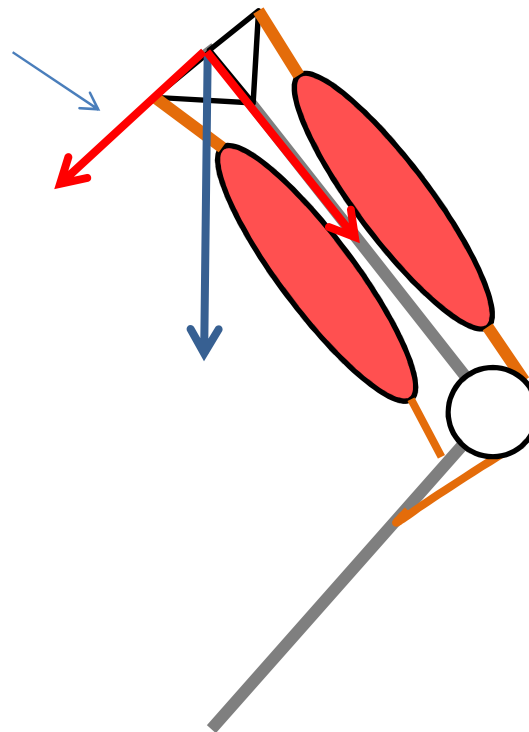
En física trabajamos con modelos, abstracciones de la realidad suficientemente simples para explicar los efectos y minimizando la complejidad que dificulta su solución.



Veamos como soporta la pierna nuestro peso (situación estática)

Descompongamos la fuerza que ejerce nuestro cuerpo sobre la pierna

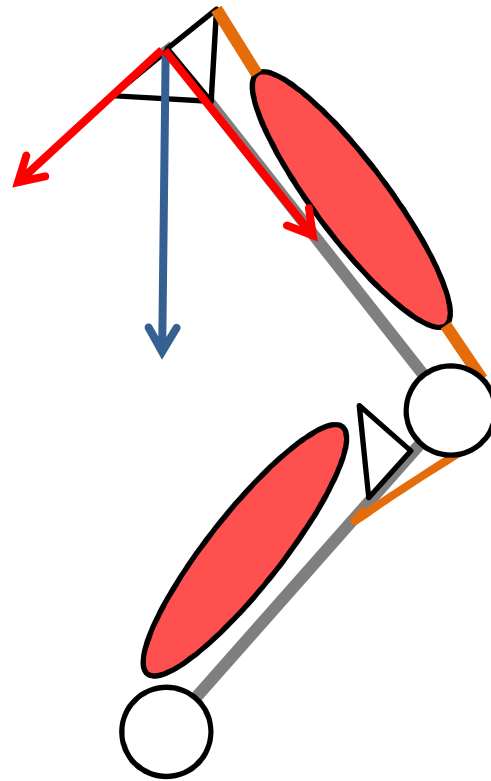
Ohhh torque!



Para no caer necesitamos que el musculo genere un torque opuesto.

## El Modelo Hueso - Musculo

Pero una fuerza en el musculo tiene que ser “apoyada en otra parte”

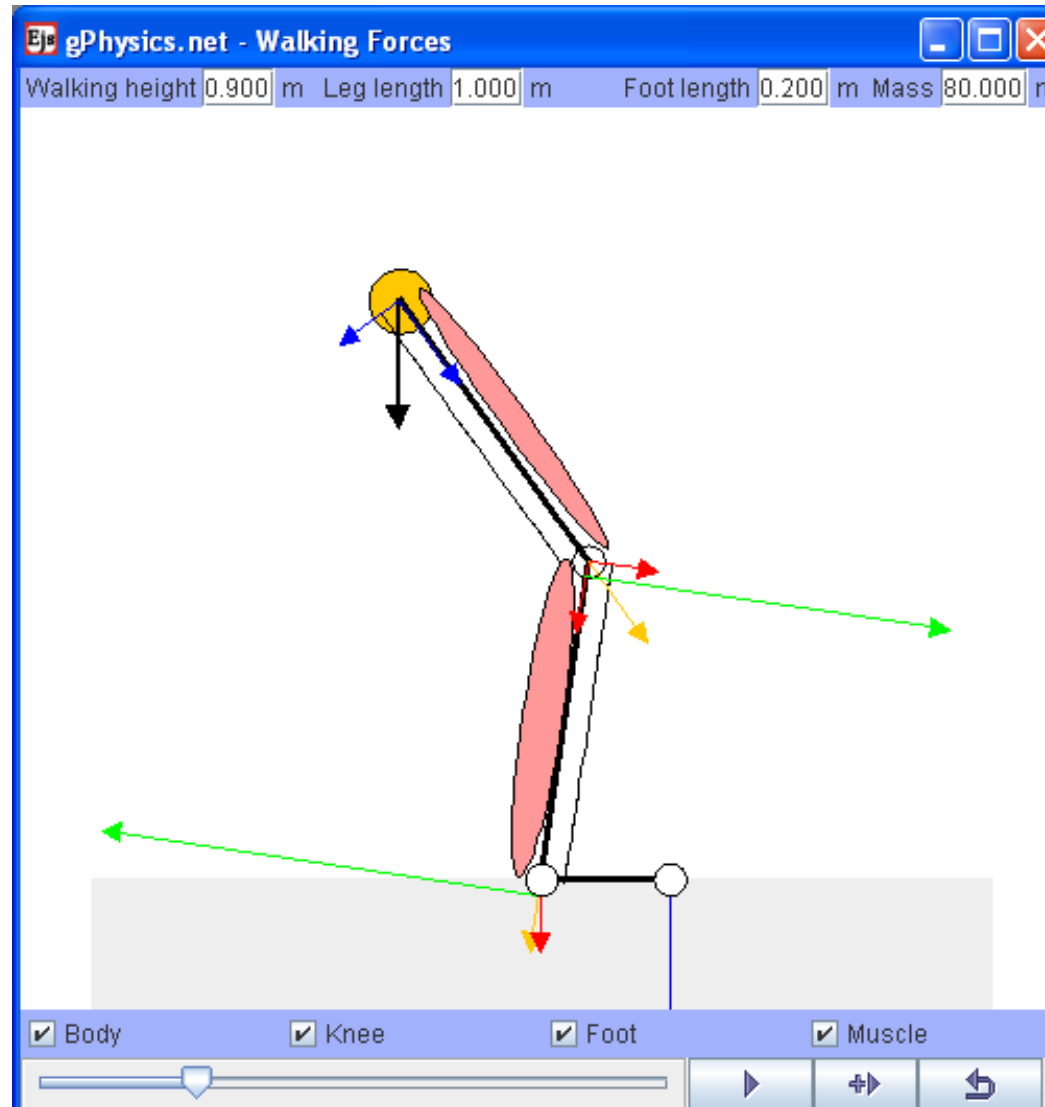


... necesitamos otro musculo.

Ya que no somos Muenchhausen ...

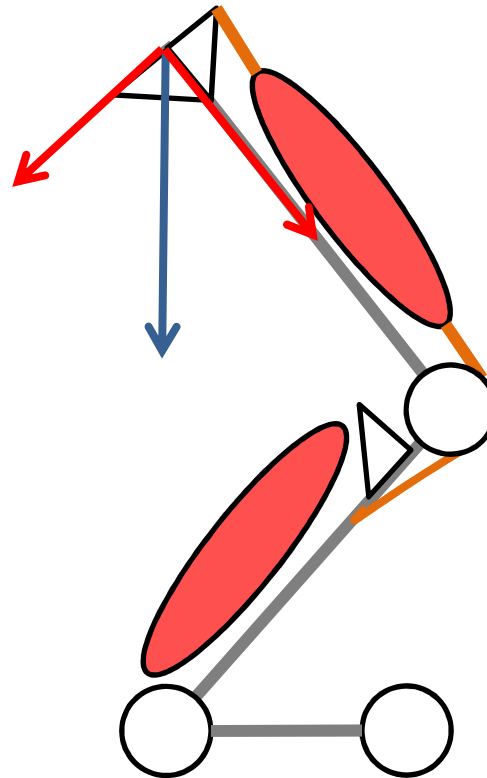


# Simulador



Simulador se puede encontrar bajo mySoftware en mi pagina [www.gphysics.net](http://www.gphysics.net)

¿Que concluimos?



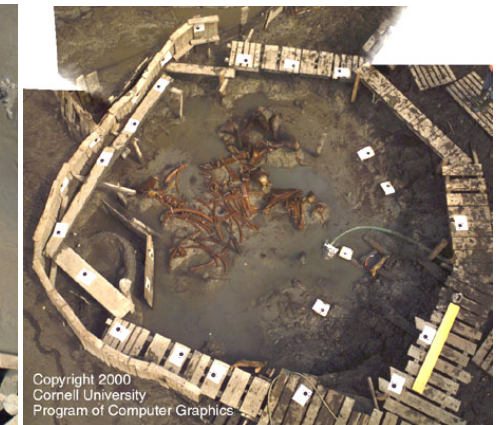
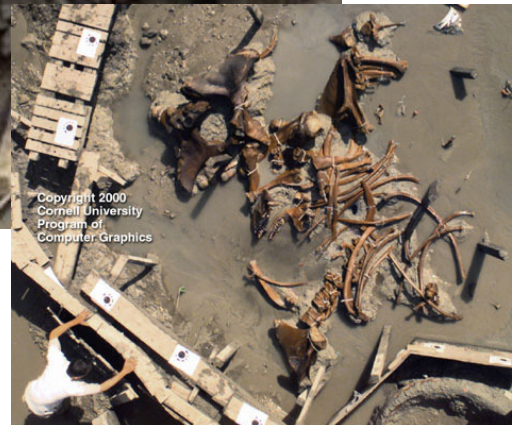
- Dos músculos claves.
- Limitante por pequeño brazo de los tendones.
- El musculo inferior debe asumir más fuerza.
- No necesitamos un musculo “inferior delantero”.
- El pie solo usa dos puntos de apoyo.

Aquí solo se considero el caso “estático”, el dinámico lleva a la explicación porque corremos y no simplemente “caminamos mas rápido”.

En física buscamos “leyes generales” que luego ...

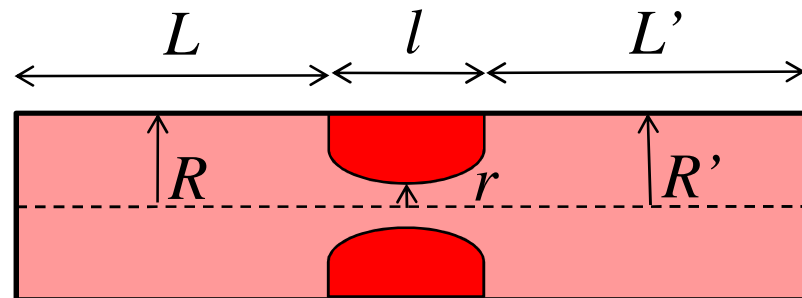
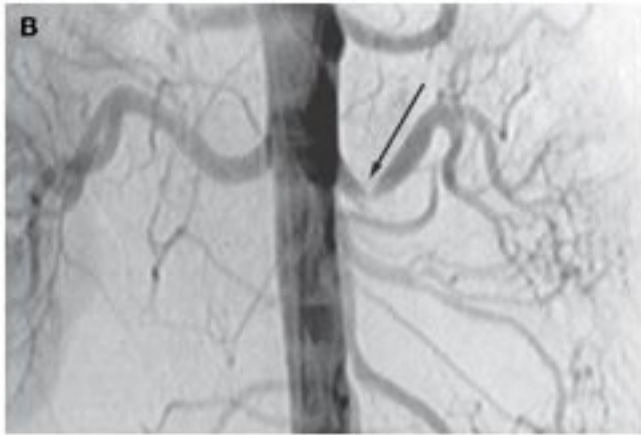
$$\frac{r}{l^{3/2}} = cte$$

... aplicamos en diversos problemas.



## El rol de la Ley (Ecuación)

Veamos un ejemplo de la hidrodinámica

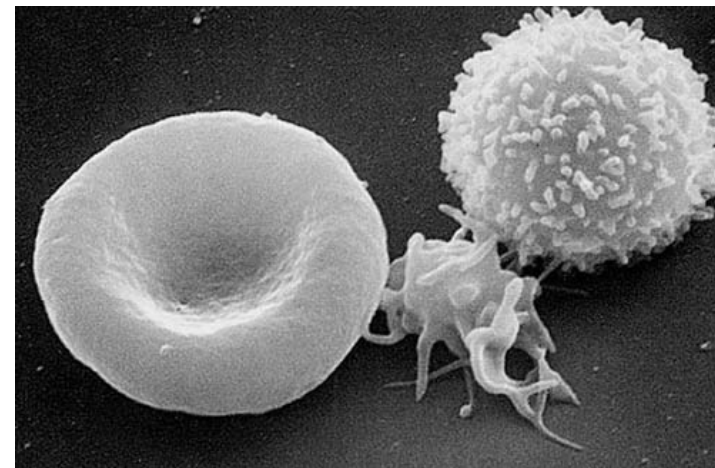
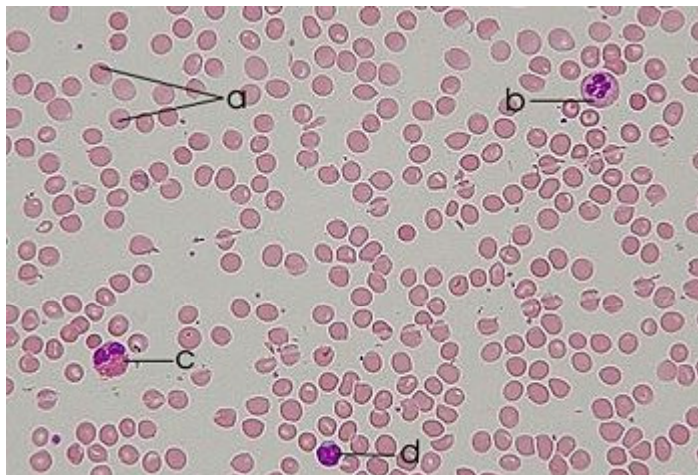


Tanto en venas como arterias el flujo es laminar, lo que simplifica la modelación.

# Composición de la Sangre



Ante todo los glóbulos rojos complican la modelación.



a: Glóbulos rojos (eritrocitos)	45.0%	6-8 $\mu\text{m}$
b: Glóbulos blancos (leucocitos)	1.0%	
c: plaquetas (trombocitos)	<1.0%	
d: plasma	54.0%	

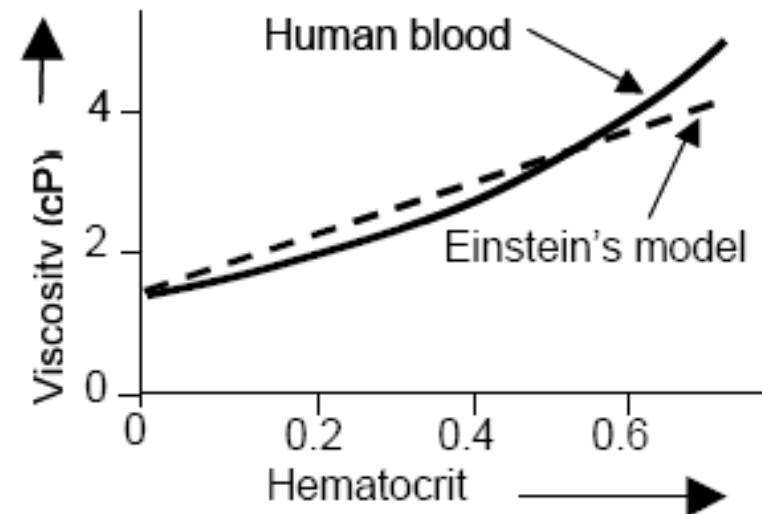
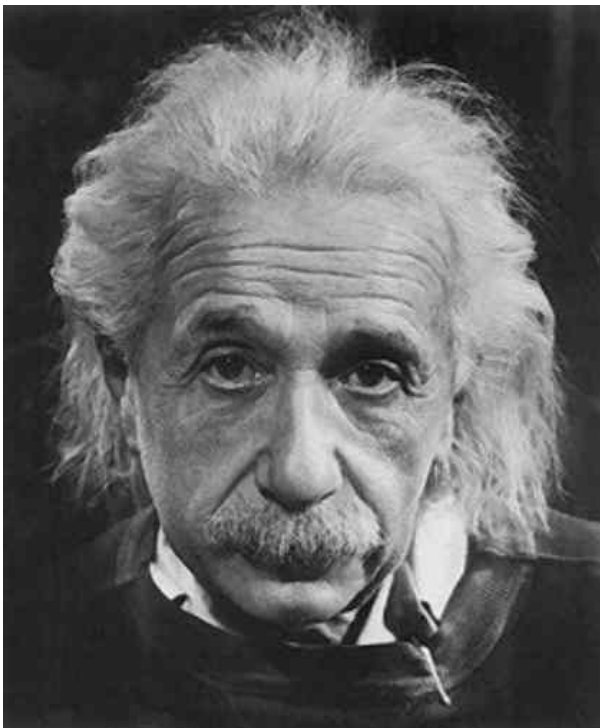
From Wikipedia

# Problema de la Viscosidad



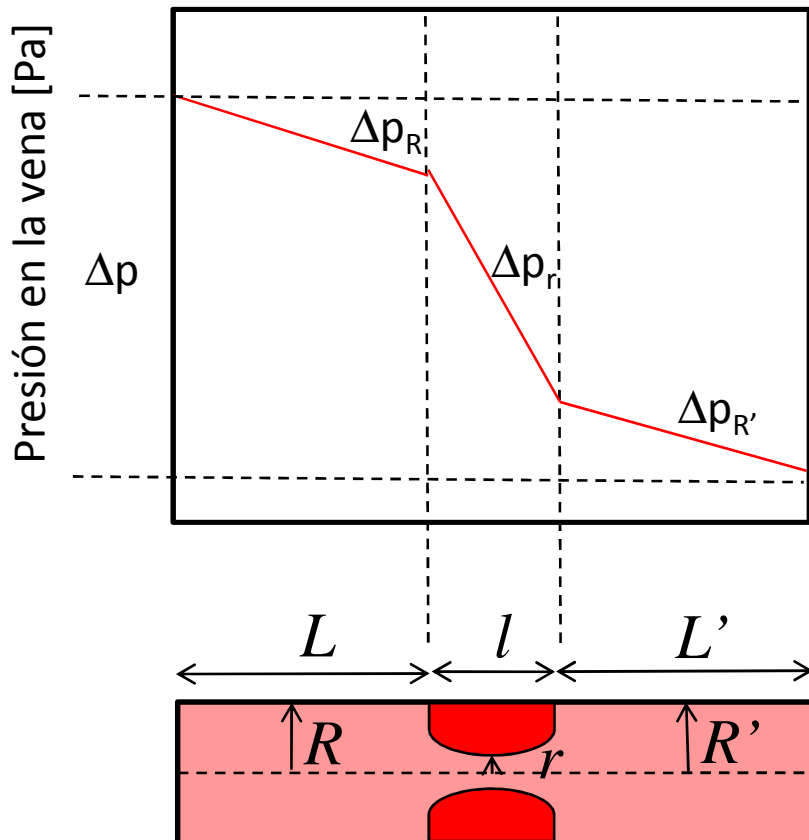
Modelo de Einstein:

$$\eta(Ht) = \eta_{plasma} (1 + 2.5 Ht)$$



VISCOSITY as function of hematocrit

# Algo de ecuaciones (para entender el concepto)



$$\Delta p_R = \frac{Q\pi R^4}{8\eta L}$$

$$\Delta p_r = \frac{Q\pi r^4}{8\eta l}$$

$$\Delta p_{R'} = \frac{Q\pi R'^4}{8\eta L'}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \Delta p_R + \Delta p_r + \Delta p_{R'} \\ &= \frac{Q\pi}{8\eta} \left( \frac{R^4}{L} + \frac{r^4}{l} + \frac{R'^4}{L'} \right) \end{aligned}$$

$$Q = \frac{8\eta\Delta p}{\pi \left( \frac{R^4}{L} + \frac{r^4}{l} + \frac{R'^4}{L'} \right)}$$

## Conclusiones



$$\Delta p_R = \frac{Q\pi R^4}{8\eta L} \quad Q = \frac{8\eta\Delta p}{\pi \left( \frac{R^4}{L} + \frac{r^4}{l} + \frac{R'^4}{L'} \right)}$$

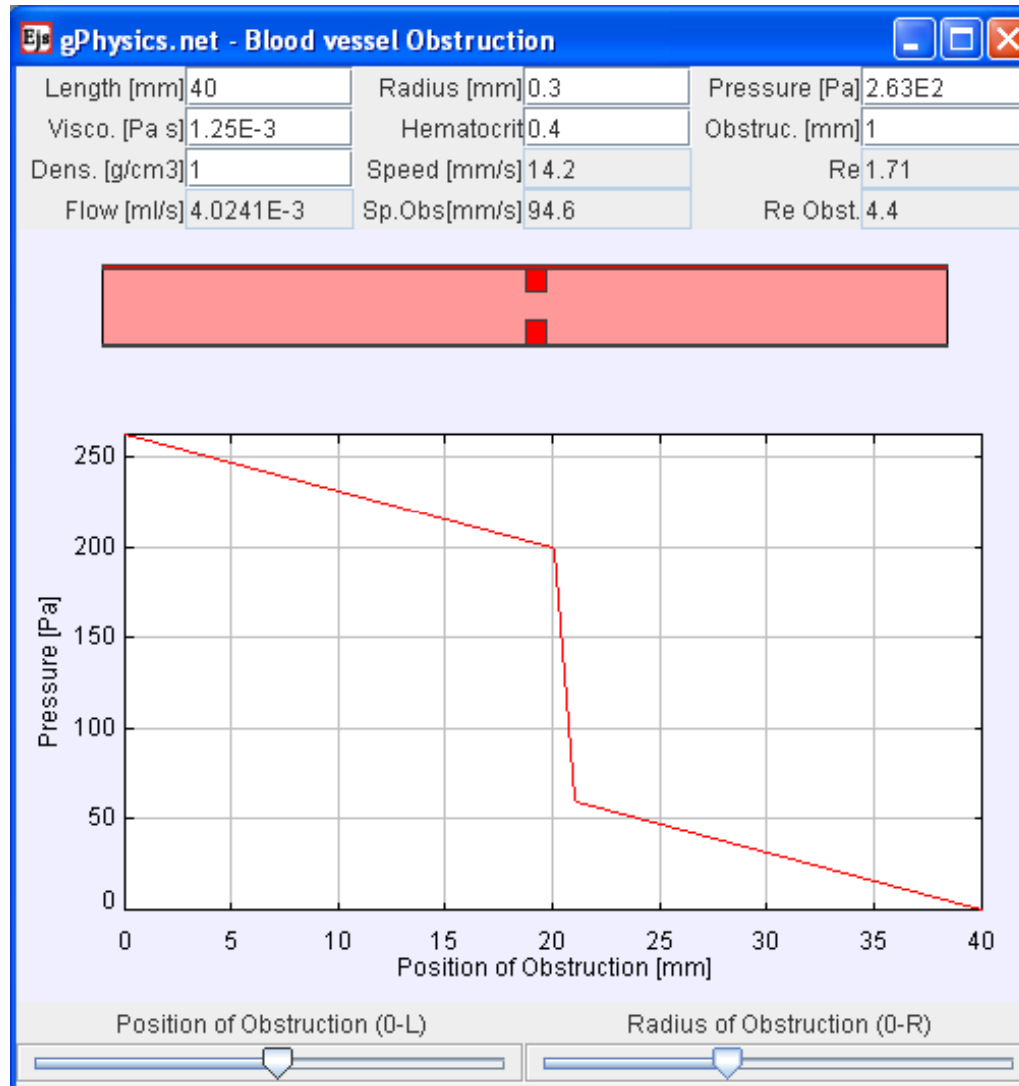
↓

$$\Delta p_R = \frac{R^4 \Delta p}{L \left( \frac{R^4}{L} + \frac{r^4}{l} + \frac{R'^4}{L'} \right)}$$

Ohhh ... se cancelo la Viscosidad!!!

El conocimiento de la ecuación nos permite entender dependencias o falta de ellas!

El flujo depende de la geometría, diferencia de presión y de la Viscosidad. Los “saltos” de presión solo de la geometría y de la diferencia de presión.



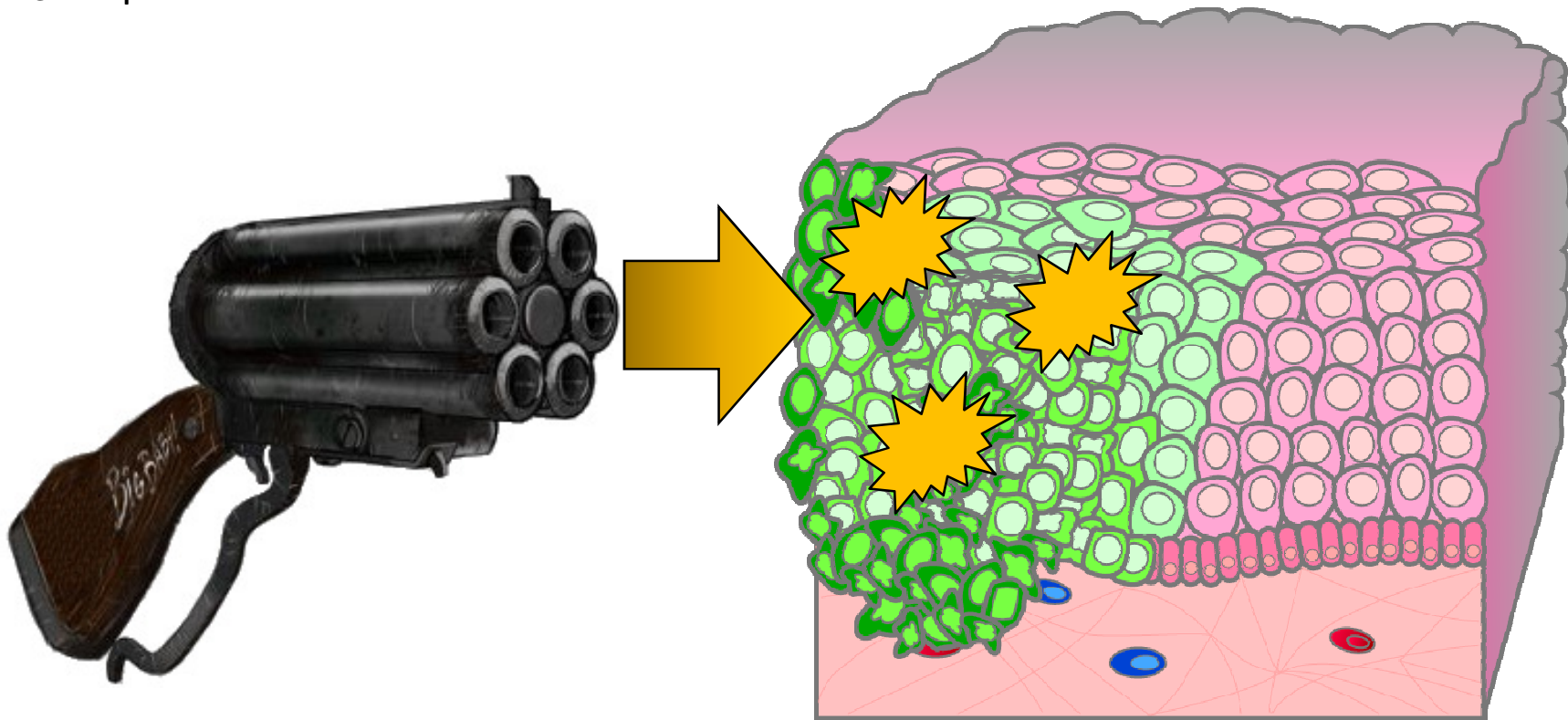
Simulador se puede encontrar bajo mySoftware en mi pagina [www.gphysics.net](http://www.gphysics.net)

# Radioterapia



... y ahora al tema que nos reúne: la radioterapia.

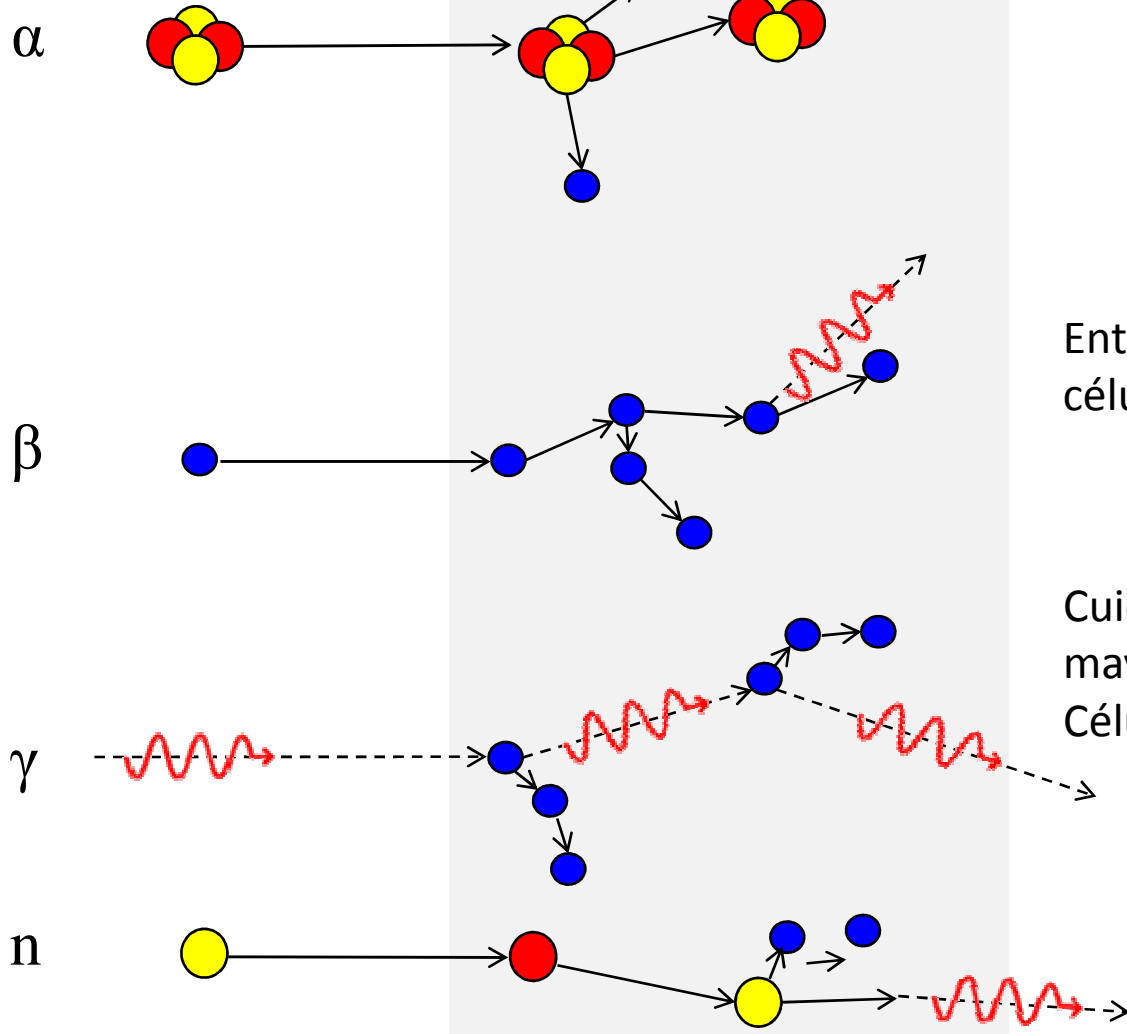
¿De que se trata?



Dicho en forma simple, se trata de “disparar” y “matar” tejidos potencialmente peligroso con el menor compromiso de la salud del paciente.

# Con que

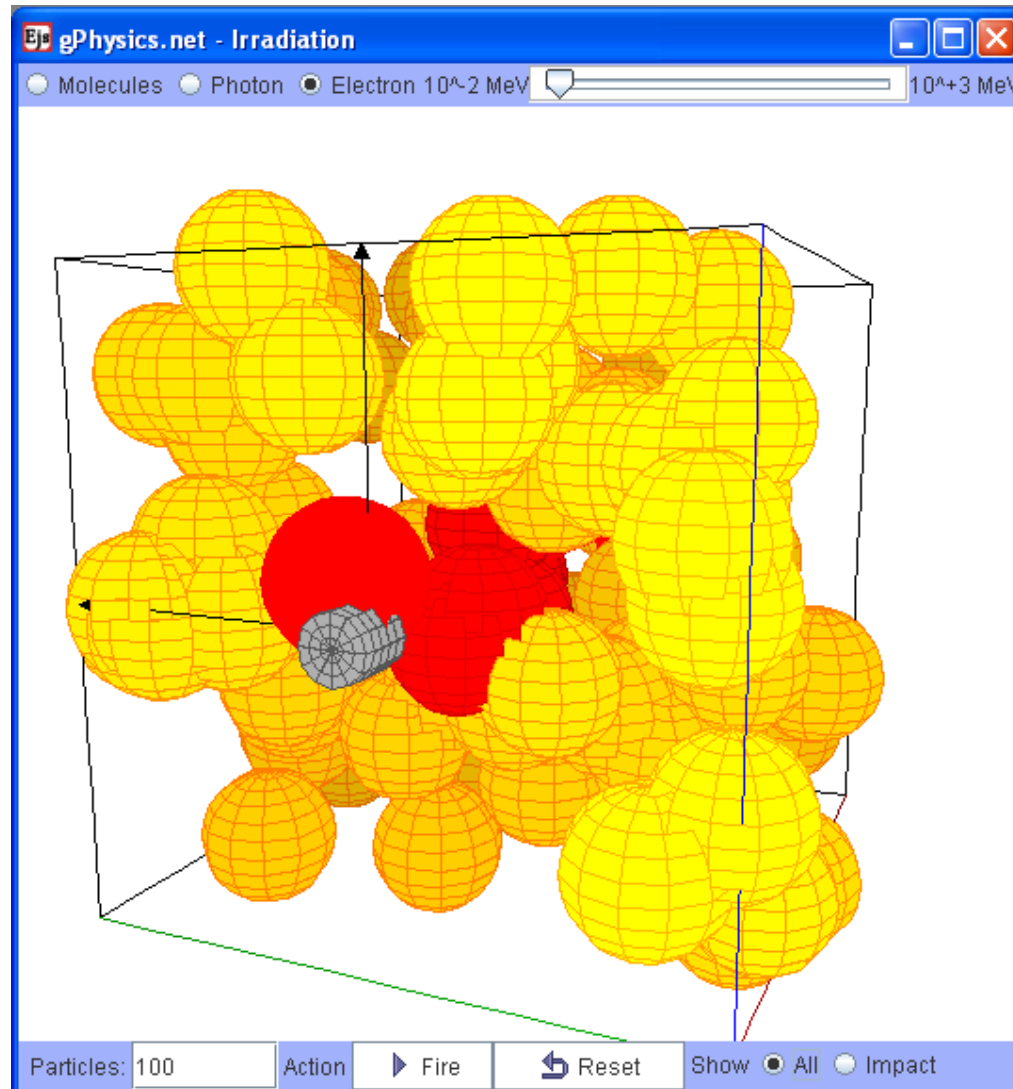
Con que disparamos?



Entrega energía a la célula.

Cuidado no entrega mayor energía a la Célula.

# Entendamos con números



Simulador se puede encontrar bajo mySoftware en mi pagina [www.gphysics.net](http://www.gphysics.net)



- Usar fotones para penetrar (energías en el rango de MeVs).
- Entregar energía al tejido vía los electrones generados vía scattering con fotones (Compton principalmente).
- Buen control de donde irradiar para evitar tejidos sanos.
- Manejo de probabilidad de muerte de tejidos.
- Manejo de problemas por variabilidad del tejido.



# Advertencia

La Medicina es un ARTE CONJETURAL.

## Su Aporte (Competencias)



Aun que parezca todo calculable, los errores son no menores.

Su aporte es saber interpretar, validar aquello en que se puede confiar y, ante todo, detectar donde “los lindos colores” nos engaña.

