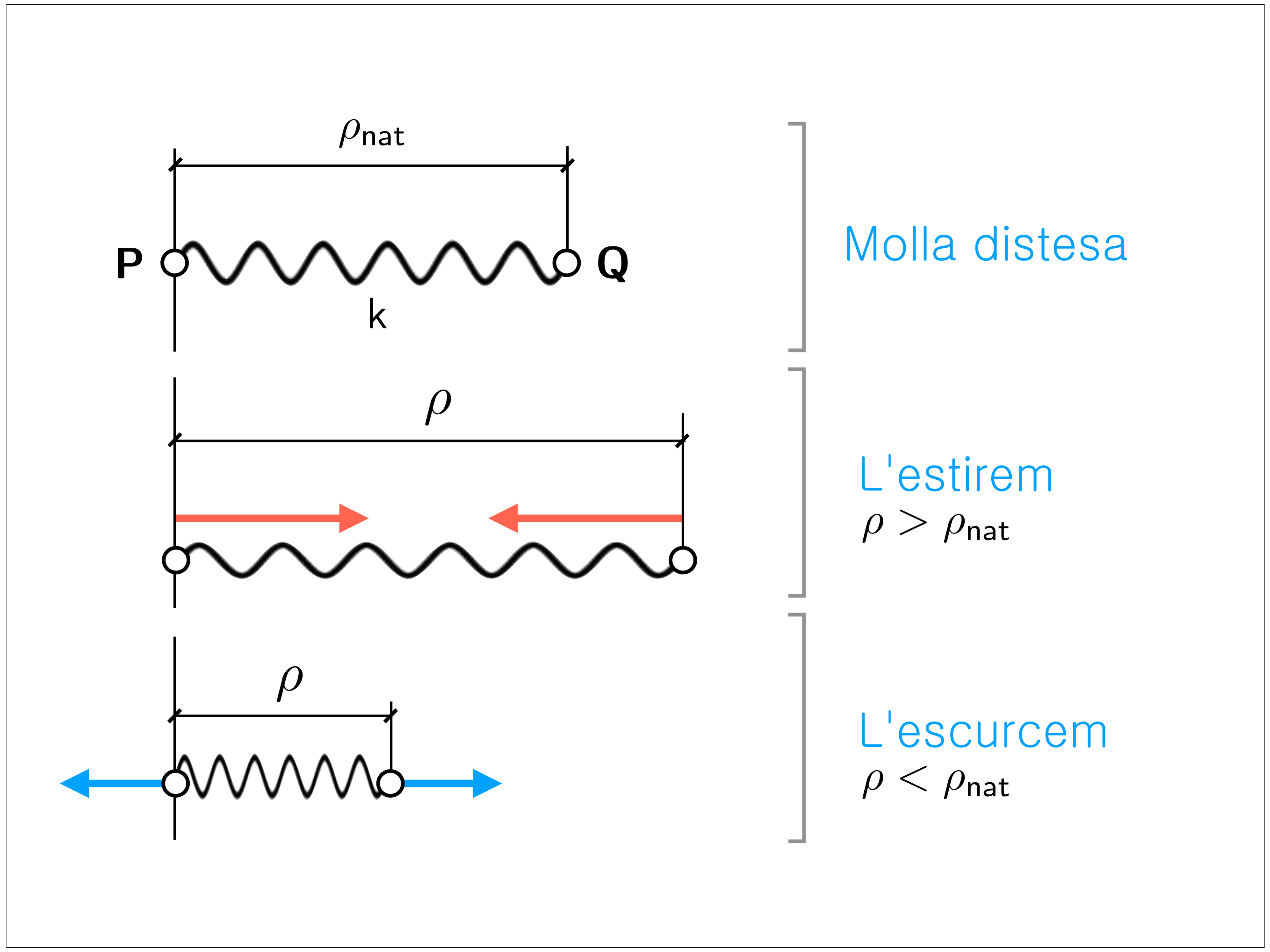
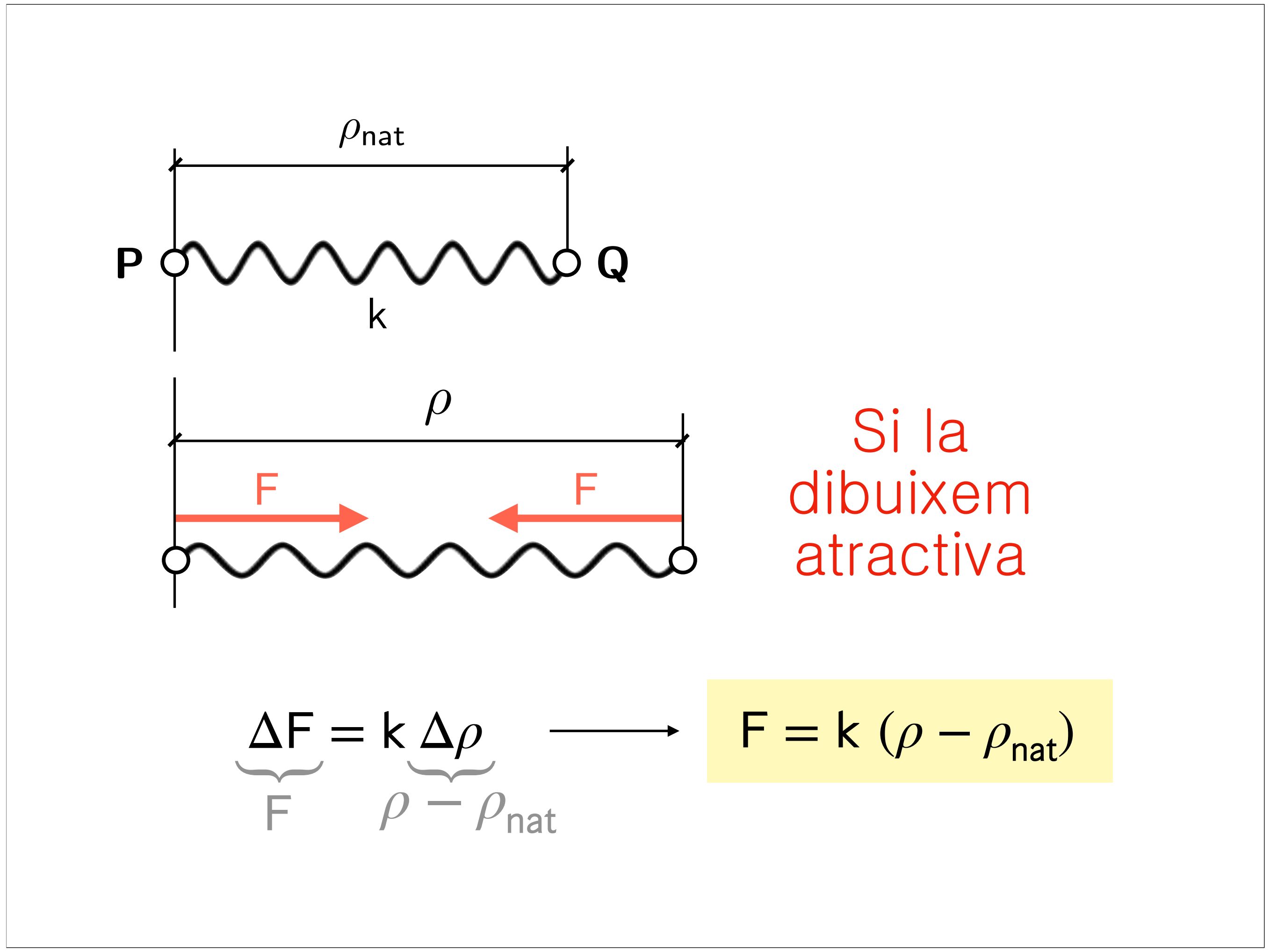


Considerem una molla **distesa** de constant k. La seva llargària és ρ_{nat} (llargària "natural"). En aquesta situació, la molla no fa cap força sobre els seus extrems **P** i **Q**.

Quan estirem la molla fins a una llargària $\rho > \rho_{nat}$, la molla fa una força **atractiva** sobre **P** i **Q** de valor proporcional a $\Delta\rho = \rho - \rho_{nat}$, essent k la constant de proporcionalitat (llei de Hooke).

Quan escurcem la molla ($\rho < \rho_{nat}$) la molla passa a fer una força **repulsiva**.

Durant el moviment d'un sistema mecànic, per tant, la força que fa una molla pot passar d'atractiva a repulsiva, depenent de si ρ és més gran o més petita que ρ_{nat}.



Tot i així, en el dibuix que fem per analitzar el sistema, les forces que fan les molles es dibuixen **d'una sola manera** - o bé a atractives o bé repulsives- i el seu valor F es formula de manera que pugui canviar de signe durant el moviment. Això és necessari per poder aplicar la 2ª llei de Newton correctament a una configuració **genèrica** del sistema.

Per exemple, podem dibuixar la força com atractiva, i formular F així (llei de Hooke):

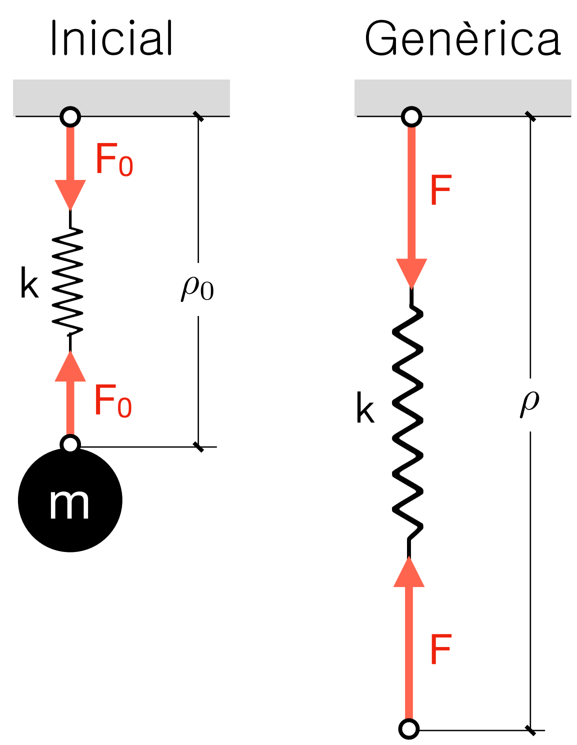
$$\Delta F = k\,\Delta\rho \qquad \Rightarrow \qquad F = k\,(\rho - \rho_{nat})$$

El valor $F = k\,(\rho - \rho_{nat})$ ja quadra amb el que esperàvem:

- Quan $\Delta\rho > 0 \Rightarrow F > 0 \Rightarrow$ la força té el sentit indicat en vermell.
- Quan $\Delta\rho < 0 \Rightarrow F < 0 \Rightarrow$ la força té sentit contrari al vermell.

Ara bé, rarament ens donaran la llargària natural ρ_{nat} de la molla (la molla pot ser difícil de desmuntar per a esbrinar ρ_{nat}). En canvi ens diran que per a una **configuració inicial** de referència, de llargària ρ_0, la molla està fent una força F_0. Ens podem trobar en dues situacions, depenent de si F_0 és atractiva o repulsiva.

Criteri d'atracció



$$\overbrace{\Delta F}^{F - F_0} = k\ \overbrace{\Delta\rho}^{\rho - \rho_0}$$

$$\downarrow$$

$$F - F_0 = k\,(\rho - \rho_0)$$

$$\downarrow$$

$$\boxed{\underbrace{F}_{F^{at}_{molla}} = F_0 + k\,(\rho - \rho_0)}$$

SITUACIÓ 1: per a ρ_0, F_0 és **atractiva.**

Seria el cas, per exemple, d'una molla suspesa del sostre amb una massa penjant i en equilibri (F_0 seria igual al pes d'aquesta massa). Però esborro aquesta massa per ara, perquè això és només un exemple i ens interessa pensar la situació inicial en abstracte.

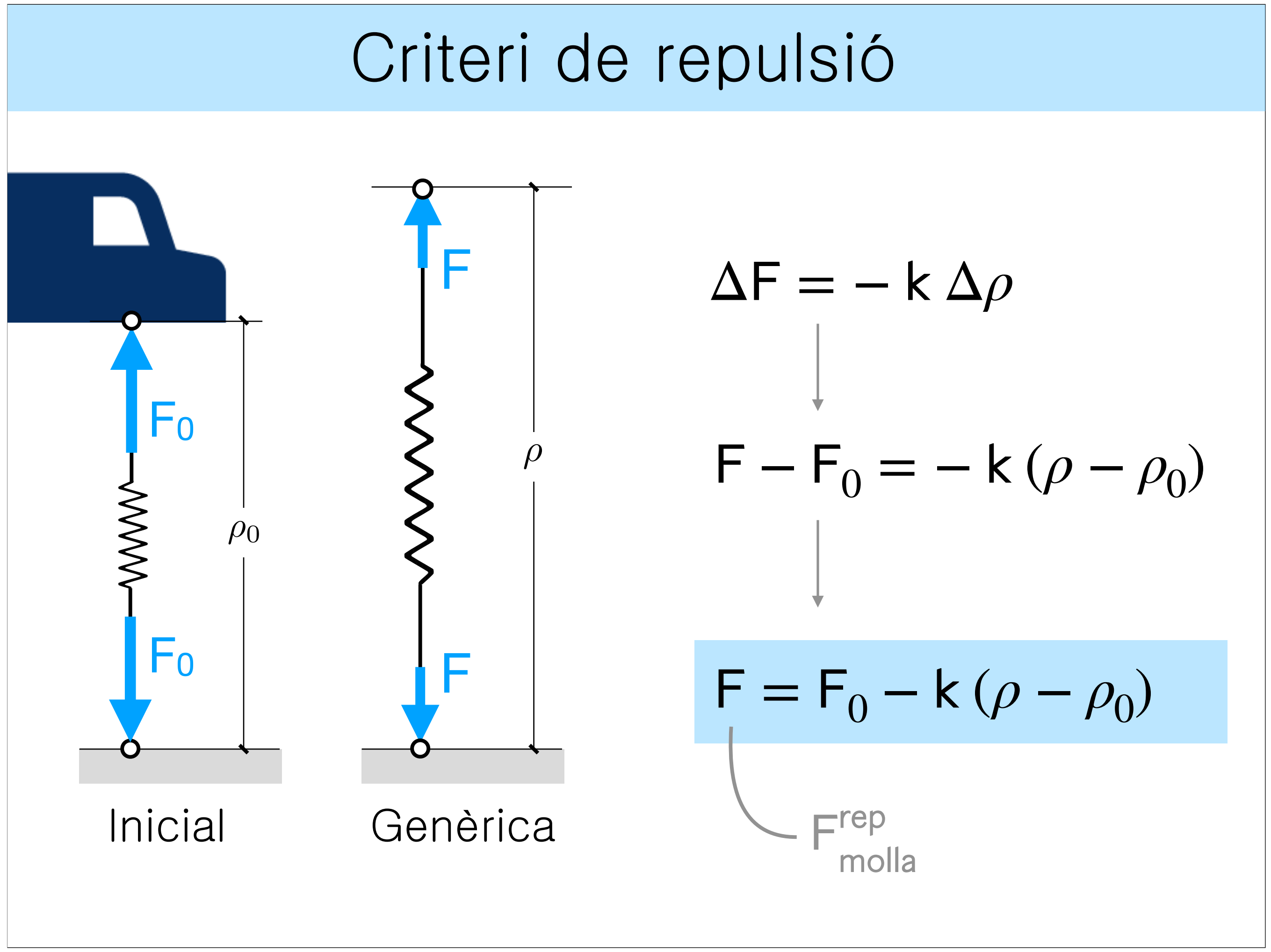
Llavors, ... com seria la força F que fa la molla en una configuració genèrica de llargària ρ? Aplicant la Llei de Hooke

$$\Delta F = k\,\Delta\rho \qquad \Rightarrow \qquad F - F_0 = k\,\Delta\rho \qquad \Rightarrow \qquad F = F_0 + k\,\Delta\rho$$

Sempre que ens diguin que per a ρ_0 la força F_0 és atractiva, **dibuixarem F com atractiva** en la configuració genèrica, i la formularem com acabem de dir. Direm que hem formulat la força de la molla amb el **criteri d'atracció.**

Remarquem que $\Delta\rho = \rho - \rho_0$ és un increment positiu si la molla s'ha allargat, o negatiu si s'ha escurçat.

Fixem-nos: encara que dibuixem la força en un sentit, la formulació permet que la força pugui canviar de sentit a mida que el sistema evoluciona. Per exemple, la molla es podria escurçar arribant a una llargària $\rho < \rho_0$ tal que $F = F_0 + k\,\Delta\rho$ fos negativa, en quin cas seria una força de repulsió apuntant en sentit contrari al dibuixat. El dibuix i la formulació són representatius de la pel·lícula evolutiva de la molla.



SITUACIÓ 2: per a ρ_0, F_0 és **repulsiva.**

Seria per exemple el cas d'una suspensió de cotxe quan aquest està aparcat. La molla faria una força repulsiva per compensar el pes del cotxe.

Com formulariem F en una configuració genèrica de llargària ρ? Aplicant la llei de Hooke novament! Però ara, ΔF ha de ser de signe contrari a Δρ, ja que si la molla s'allarga, F decreix:

$\Delta F = - k\, \Delta\rho \quad \Rightarrow \quad F - F_0 = - k\, \Delta\rho \quad \Rightarrow \quad F = F_0 - k\, \Delta\rho$

Sempre que per a la llargària ρ_0 la força F_0 sigui repulsiva, dibuixarem F com a repulsiva en la configuració genèrica, i formularem F com acabem de dir. Direm que hem formulat F amb el **criteri de repulsió.**

Crit. atracció

$$F^{at}_{molla} = F_0 + k\,\Delta\rho$$

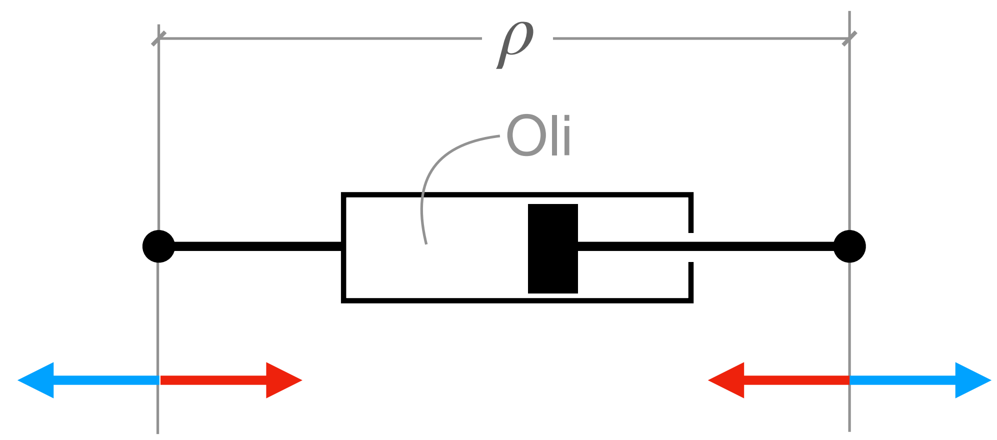
Crit. repulsió

$$F^{rep}_{molla} = F_0 - k\,\Delta\rho$$

$\boxed{\text{Caldrà formular } \Delta\rho \text{ en funció de les coords de configuració del sistema}}$

En cada problema caldrà expressar els increments de ρ en funció de les coordenades de configuració del sistema que estem estudiant!

Amortidors



Força = c · velocitat d'allargament

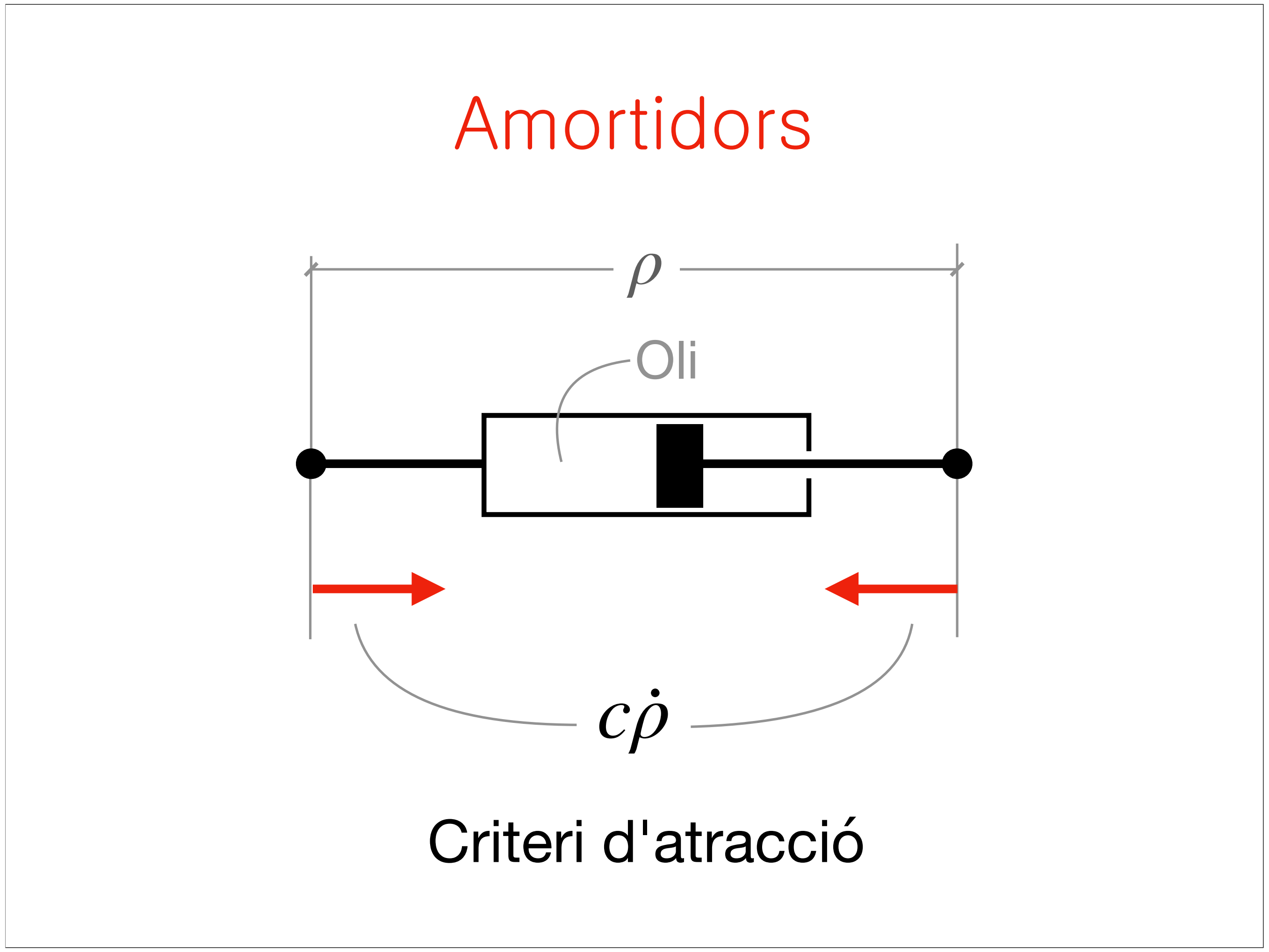
Coef. de frec viscós

Els amortidors lineals apliquen forces atractives o repulsives als seus extrems en funció de la seva velocitat de deformació rhopunt.

Quan els extrems de l'amortidor ...

- ... s’apropen, la força és repulsiva (vectors blaus).
- ... s’allunyen, la força és atractiva (vectors vermells).

La força associada als amortidors de comportament lineal és proporcional a la velocitat d'allargament rhopunt per mitjà d'un coeficient c de frec viscós [en Ns/m].

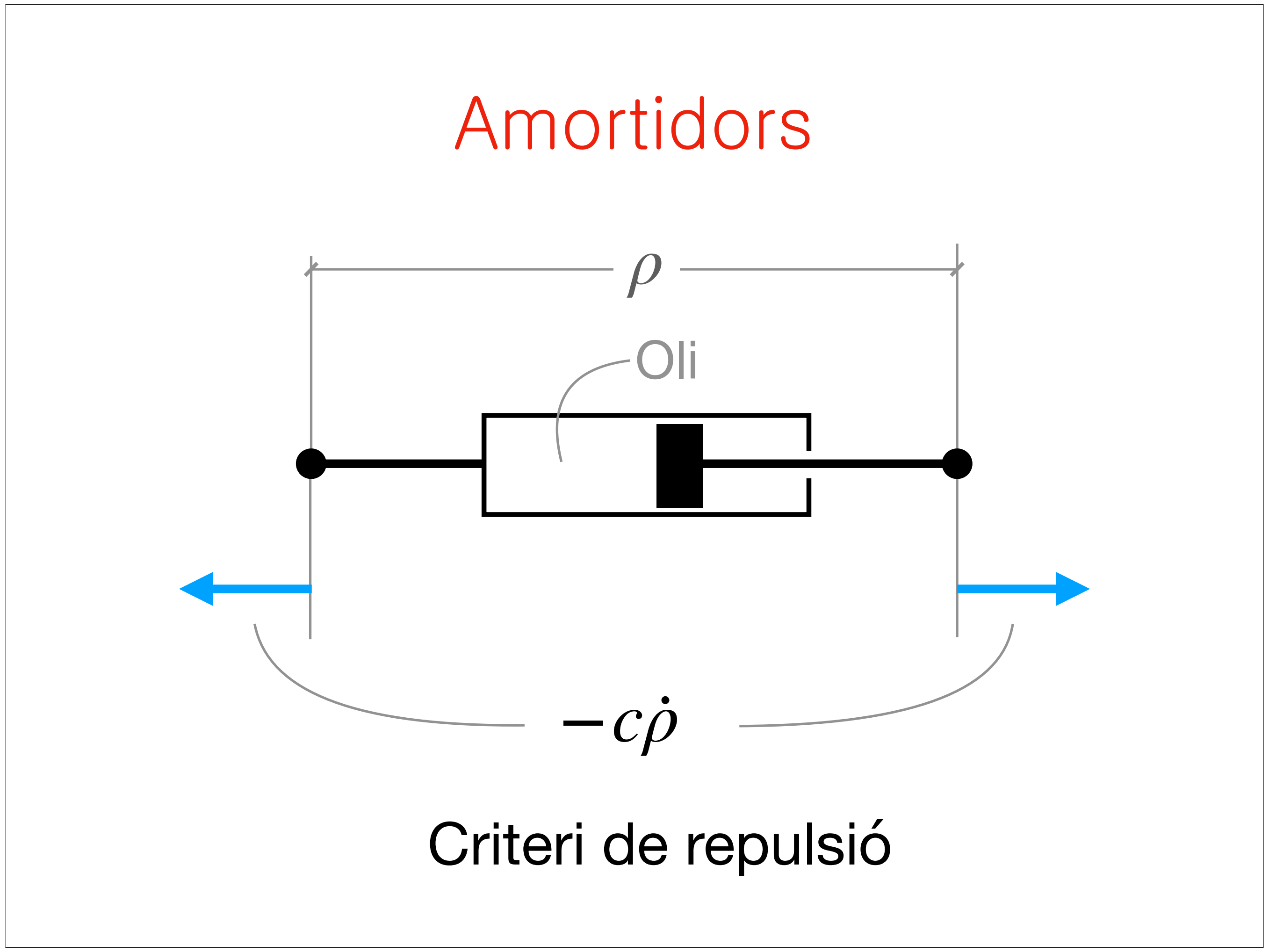


A diferència de les molles, els amortidors no fan força entre els extrems en situacions estàtiques (rhopunt = 0). Per tant, podem triar o bé el criteri **d'atracció** o el de **repulsió** per a dibuixar i formular les seves forces.

Si optem pel **criteri d'atracció**, dibuixarem la força de l'amortidor com atractiva i formularem el seu valor F com

F = c · rhopunt

Ja quadra: quan l'amortidor s'estira, la força que aplica sobre els extrems ha de ser en el sentit indicat, i ja ho és perquè c · rhopunt és un valor positiu (rhopunt > 0 si s'estira).



Si optem pel **criteri de repulsió**, dibuixarem la força de l'amortidor com a repulsiva i formularem el seu valor F com

- c · rhopunt

També quadra: quan l'amortidor s'escurça, la força que aplica sobre els extrems ha de ser en el sentit indicat, i ja ho serà perquè - c · rhopunt serà un valor positiu (rhopunt < 0 si s'escurça).

Crit. atracció

$$F^{at}_{amort} = c\,\dot{\rho}$$

Crit. repulsió

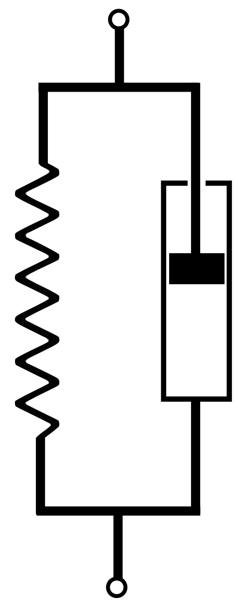
$$F^{rep}_{amort} = -\,c\,\dot{\rho}$$

Formuleu sempre $\dot{\rho}$ en funció
de les vars. d'estat del sistema!

Aquí veiem els dos criteris comparats.

Important! En cada problema caldrà expressar rhopunt en funció de les **variables d'estat** del sistema (les variables que defineixen la configuració, i les seves derivades temporals).

Amortidor en paral·lel amb una molla



Formularem la força de l'amortidor

amb el **mateix criteri** que el de la molla

Si un amortidor apareix muntat en paral·lel amb una molla, formularem la força de l'amortidor amb el mateix criteri que haguem triat per a la molla (d'atracció o de repulsió).

Quan un amortidor no formi part d'un grup molla-amortidor, el criteri (atracció o repulsió) es fixa arbitràriament.