

BIFURCACIONS EN ELS SISTEMES FÍSICS

Experiments senzills sobre bifurcacions: de les transicions suaus i contínues als salts abruptes i catastrofes estructurals

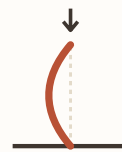
BIFURCACIÓ SUPERCRÍTICA

Forma normal: $dx/dt = rx - x^3$

- **Evolució contínua:** El sistema es desplaça progressivament cap a nous estats estables sense discontinuïtats.
- **Retorn reversible:** Si es redueix el paràmetre de control, el sistema torna exactament pel mateix camí.
- **Estabilitat local:** Els nous camins emergents són estables i propers a l'estat d'equilibri original.

PANDEIG DE EULER

- **Muntatge:** Un regle de plàstic o cinta flexible recolzat verticalment sobre una base fixa.
- **Paràmetre:** Força de compressió descendent aplicada lentament sobre l'extrem superior.
- **Efecte crític:** En superar la càrrega crítica, el regle es deforma contínuament cap a un costat.



CÈRCOL EN ROTACIÓ

- **Muntatge:** Un cercle de filferro vertical rígid que gira al voltant del seu eix de simetria vertical.
- **Paràmetre:** Velocitat angular de rotació incrementada de forma progressiva per un motor.
- **Efecte crític:** A baixa velocitat la boleta es queda al fons; superat el llindar, puja contínuament.



BARRA EN ROTACIÓ

- **Muntatge:** Una barra o tub lleuger (com un bolígraf) suspesa verticalment per un fil des del seu extrem superior.
- **Paràmetre:** Velocitat angular de rotació que es transmet al fil de subjecció.
- **Efecte crític:** En superar la freqüència de gir crítica, la barra s'eleva des de la vertical obrint-se suaument en angle.



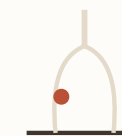
CONVECCIÓ DE RAYLEIGH-BÉNARD

- **Muntatge:** Una capa molt fina d'oli (2-3 mm) amb purpurina o canyella distribuïda en un recipient de vidre pla.
- **Paràmetre:** Diferència de temperatura (gradient tèrmic) escalfant des de sota de forma homogènia.
- **Efecte crític:** El fluid en repòs bifurca cap a un patró organitzat de cel·les geomètriques cel·lulars.



BALA A LA COPA

- **Muntatge:** Una copa de vidre esfèrica (tipus gintònic) col·locada de cap per avall sobre una bala llisa en una taula.
- **Paràmetre:** Freqüència i velocitat dels moviments circulars impresos manualment a la copa.
- **Efecte crític:** En arribar al gir crític, la força normal venç la gravetat i la bala s'enlaira de la taula de manera contínua.



PÈNDOL DE KAPITZA

- **Muntatge escolar:** Un pèndol rígid unit a un pivot en una posició vertical completament invertida (cap amunt).
- **Paràmetre:** Intensitat i oscil·lació d'una vibració vertical d'alta freqüència aplicada sobre el suport base.
- **Efecte crític:** Malgrat la gravetat, en superar el llindar de vibració la posició invertida es torna contínuament estable.



BIFURCACIÓ SUBCRÍTICA

Forma normal: $dx/dt = rx + x^3 - x^5$

- **Salt catastròfic:** El sistema experimenta una transició discontinua i violenta cap a un estat completament allunyat.
- **Fenomen d'histèresi:** El camí de tornada és diferent; per recuperar l'estat original cal reduir el paràmetre molt per sota del punt crític.
- **Alta sensibilitat:** Molt vulnerable a imperfeccions o pertorbacions externes, fent-lo impredecible de forma precisa.

COL·LAPSE DE LLAUNA

- **Muntatge:** Una llauna buida de refresc d'alumini en perfecte estat estructural col·locada en vertical.
- **Paràmetre:** Pes acumulat sobre la tapa superior mitjançant llibres o discos de metall.
- **Efecte crític:** Suporta forces intenses sense deformació aparent fins que, instantàniament, s'aixafa de cop.



XAPA CLIC-CLAC

- **Muntatge:** Una pinça metàl·lica de pèl polivalent o una secció de dos metres de cinta mètrica estesa.
- **Paràmetre:** Força mecànica perpendicular aplicada de manera directa sobre la cara còncava de la xapa.
- **Efecte crític:** Resistència elàstica inicial seguida d'un salt instantani (snap-through) que inverteix la curvatura.



APARELL DE PLEC

- **Muntatge:** Una polítila amb una corda i massa, acoblada a un braç articulat de laboratori escolar.
- **Paràmetre:** Valor del contrapès o pes afegit a l'extrem lliure del fil de la polítila.
- **Efecte crític:** Els equilibris es fusionen provocant una pèrdua d'estabilitat i un canvi d'angle sobtat no lineal.

