

## **Solicitud para la asignación de créditos PEDECIBA Física.**

**Nombre del curso :** Geofísica de medios granulares

### **1) Lugar de realización del curso : Facultad de Ciencias**

**Docente Responsable :** Thomas Gallot

### **2) Programa**

Objetivo general

Estudio de comportamiento de los medios granulares en procesos geofísicos, con énfasis en la experimentación a escala de laboratorio y el análisis de datos.

Objetivos específicos

- rol de los medios granulares en sistemas naturales.
- Física de los medios granulares : estática, dinámica (flujo, jamming, etc..) y propagación de ondas.
- experimentos de laboratorio.
- procesamiento de datos

### **3) Carga horaria**

4 horas presenciales por semana durante 15 semanas.

### **4) Modo de evaluación**

- Informes del curso: 50%
- Presentación oral individual: 50%

### **5) Bibliografía y Material de Estudio**

**J. Duran :** Sands, Powders, and Grains: An Introduction to the Physics of Granular Materials (Springer, 2000).

**V. F. Nesterenko,** *Dynamics of Heterogeneous Materials* (Springer, 2001).

**Daraio** et al., *Nature* 2005 – "Tunable acoustic transmission through nonlinear chains".

**Coste** et al., *Phys. Rev. E* 60, 1999 – "Solitary waves in granular media"

### **6) Cronograma**

<b>Semana</b>	<b>Tema</b>	<b>Actividad / Experimento</b>
1	¿Qué son los medios granulares?	Observación de distintos materiales, discusión sobre comportamiento sólido, fluidizado. Fricción. Temas abiertos en medios granulares.
2-3	Descripción estructural	Medición de ángulo de reposo y densidad aparente. Compacidad. Número de coordinación. Descarga de medios granulares. Jamming. Efeto nueces de brasil. Avalanchas de granos o flujo de deslizamientos como analogía de landslides.
		Experimento: i) descarga de silos usando PexFlow o PIV. Canal inclinado o janssen ii) compactación con tapping. iv) algo estático?
4-5	Cadenas de fuerzas	Redes de contactos, cadenas de fuerzas Experimento: i) cadena de Nesterenko ii) redes de contacto con discos fotoelásticos.
6-7	Contactos, leyes de Hertz, histéresis	Ánalisis de curvas fuerza-deformación simples. Introducción al modelado con contactos elásticos.
		Experimento: i) Curvas esfuerzo-deformación: columna granular sometida a carga con celda de peso.
8-9	Fricción granular y stick-slip	Fricción y stick-slip. Coulomb-Amontons. Conceptos como healing. Algo a escalas reales. Experimento: i) stick-slip (bloque sobre lija tipo fault gouge). Registro de fuerza y desplazamiento. Histogramas de eventos, distribución de magnitudes
10-11	Ondas en medios granulares	Introducción a propagación de ondas en medios granulares, teoría de medios efectivo no-lineales, teoría de Biot.
12-13	Terremotos a escala de laboratorio	Introducción a la física de terremotos: escala de Richter, momento, magnitud, slip.

Análisis de un par de sets de mis experimentos en grenoble

- |       |                        |  |
|-------|------------------------|--|
| 14-15 | Presentaciones finales | Elegir uno de los experimentos del curso y agregarle un análisis original. |
|-------|------------------------|--|

---

2.i)

Silo con cara transparente; partículas marcadas o esferas de distinto color. Cámara rápida  
Campo de velocidades 2D en plano cercano perfiles verticales/horizontales.

2.ii)

Cilindro transparente, motor para golpes verticales controlados, acelerómetro y cámara para tomar foto del perfil o medir altura de la columna.

Registrar altura  $H(n)$  de la columna tras  $n$  golpes; calcular fracción de empaquetamiento.  
Estudiar dependencia con la amplitud (o aceleración) de la vibración.

4.i) cadenas 1d: solitón granular.

esferas de 10-20 mm en guia de avrilico, dejar caer una esfera desde distintas alturas y grabascon smartphone lateralmente para ver el tiempo que tarda en llegar la perturbación. Con distintas alturas tenes distintas energias y graficar velocidad de la onda como funcion de la altura (proxy de la amplitud del desplazamiento)

$$v \sim A^{1/6} \sim h^{1/5}$$

$F = k\delta^{3/2}$ , donde  $\delta$  es la compresión local.

V. F. Nesterenko, *Dynamics of Heterogeneous Materials* (Springer, 2001).

Daraio et al., *Nature* 2005 – "Tunable acoustic transmission through nonlinear chains".

Coste et al., *Phys. Rev. E* 60, 1999 – "Solitary waves in granular media"

4.ii)

Discos fotoelásticos (podemos conseguir uretano?) confinados en plano 2D entre placas transparentes. Ñuz polarizada (polarizador + analizador cruzado) y cámara. Célula de carga. Adquirir imágenes polarizadas (franjas corresponden a tensión en los discos). A partir de la intensidad se puede estimar la magnitud de la fuerza en contactos (calibración necesaria: aplicar fuerza conocida y registrar patrón).

Detectar contactos por proximidad; extraer intensidad en cada contacto convertir a fuerza.  
Construir red ponderada (nodos = partículas, aristas = contactos con peso = fuerza).  
identificación de cadenas de fuerza.

4.i) montaje de Ahmed.

6.i) velocity-step:Cambios bruscos de velocidad  $V1 \rightarrow V2$  y medir la respuesta transitoria y estacionaria de  $\mu$ . estimar parámetros de rate-and-state ( $a, b, DcD_cDc$ ).

Slide-hold-slide (SHS): Deslizar, parar por tiempo  $tholdt$ , volver a deslizar. caracterizar healing / recuperación de fricción.

Stick-slip (arrastre constante o spring-slider): Observar eventos (picos de fuerza y caídas), medir tamaño de slip, duración, energía. estadística de “eventos”: distribución de tamaños, tiempos de espera, Ley de Omori análoga en recurrencias

—