

Comprendiendo la penetración de intrusos en medios granulares

Autor principal

Ernesto Altshuler¹.

Otros autores

Harol Torres¹, Gustavo Sánchez-Colina¹, Alfo José Batista-Leyva², Laciél Alonso-Llanes¹, Etién Martínez¹.

Colaboradores

Alberto González-Pita¹, Carlos Pérez-Penichet¹, Scott Waitukaitis³, Raúl Cruz⁴, Renaud Toussaint⁵, Cecile Clement⁵, Celine Fliedner⁵, Julio César Drake¹, F. Pacheco-Vázquez⁶, G. A. Caballero-Robledo⁶, J. M. Solano-Altamirano⁶, J. C. Ruiz-Suárez⁶.

Entidad ejecutora principal

¹Facultad de Física, Universidad de La Habana.

Entidades participantes

²Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Aplicadas, La Habana, Cuba.

³Departamento de Física, Universidad de Chicago, USA.

⁴Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Navarra, España.

⁵Instituto de Física del Globo de Estrasburgo, Francia.

⁶PIITMonterrey, México.

Autor para correspondencia

Dr. Ernesto Altshuler

Facultad de Física, Universidad de La Habana

10400 Habana, Cuba

ealtshuler@fisica.uh.cu

+53 7 8788957 ext. 216

Resumen

La penetración de intrusos en medios granulares es relevante desde múltiples puntos de vista: desde la explicación de fenómenos geofísicos como el hundimiento de un edificio en un medio granular fluidizado por los efectos de un terremoto, hasta la comprensión del aterrizaje de vehículos espaciales en planetas y asteroides donde la atracción gravitatoria es diferente de la terrestre. En este trabajo se responden importantes preguntas sobre la penetración de intrusos en medios granulares, donde domina el enfoque experimental basado en dispositivos ingeniosos, de bajo costo, fundamentalmente concebidos y ejecutados en Cuba. El trabajo está vinculado a 2 tesis de doctorado, ha producido hasta el momento 4 publicaciones científicas y ha tenido un gran impacto en los medios, especialmente en la revista Science.

Comunicación corta

Argumentación

La penetración de intrusos en medios granulares es relevante desde múltiples puntos de vista: desde la explicación de fenómenos geofísicos como el hundimiento de un edificio en un medio granular fluidizado por los efectos de un terremoto, hasta la comprensión del aterrizaje de vehículos espaciales en planetas y asteroides donde la atracción gravitatoria es diferente de la terrestre.

En este trabajo se responden importantes preguntas sobre la penetración de intrusos en medios granulares, donde domina el enfoque experimental basado en dispositivos de bajo costo, fundamentalmente concebidos y ejecutados en Cuba.

Los resultados pueden clasificarse en los siguientes grupos fundamentales:

- a) Determinación de las leyes de la penetración de un intruso en un medio granular a diversas gravedades mediante un dispositivo experimental original basado en acelerómetros inalámbricos. Los resultados de ese trabajo han sido publicados en el artículo siguiente, aparecido en la revista más prestigiosa en el terreno de la Geofísica:

Settling into dry granular media in different gravities

Geophysical Research Letters **41** (2014) 3032 (Factor de impacto 2013-14: **4.46**)

E. Altshuler, H. Torres, A. González-Pita, G. Sánchez-Colina, C. Pérez-Penichet, S. Waitukaitis y R. C. Hidalgo.

La calidad de este trabajo se puede ilustrar por el reporte del primer árbitro, traducido aquí al español:

Árbitro #1 (Comentarios para el autor):

Yo recomiendo aceptación: este artículo ofrece datos experimentales y computacionales sobre un problema interesante y potencialmente importante mediante un experimento simple. El resultado básico (que la profundidad de sedimentación es independiente de la gravedad desde la de Urano a la de Marte) no sólo es conceptualmente sorprendente, sino que se confirma mediante un análisis directo. Todo ello va al crédito de los autores, que lograron estos resultados en un sistema barato y elegante. Sólo tengo críticas menores relativas a dos clarificaciones que deben ser incluidas.

Este trabajo ha sido reseñado en un artículo reciente en la revista *Science*.

- b) Determinación de las leyes de la penetración de un intruso en un medio granular para un silo largo, donde se demostró el fenómeno de penetración infinita de un intruso en un medio granular, si éste posee una masa por encima de la "crítica". Los resultados fueron publicados en una de las revistas más importantes en el terreno de la Física, con recomendación del Editor, y también reseñada en *Science*:

Infinite penetration of a projectile into a granular medium

Physical Review Letters **106**, 218001 (2011) (Factor de impacto 2013-14: **7.73**)

F. Pacheco-Vázquez, G. A. Caballero-Robledo, J. M. Solano-Altamirano,
E. Altshuler, A. J. Batista-Leyva, and J. C. Ruiz-Suárez

- c) Invención, en Cuba, de un sistema de medición para la dinámica de penetración de un intruso en un medio granular fluidizado mediante agitación. El sistema, basado en la medición de la correlación entre dos acelerómetros, ha sido bautizado como “lock-in accelerometry” (acelerometría lock-in), y acaba de ser aceptado en una importante revista especializada en instrumentos científicos:

La calidad de este trabajo se ilustra bien por el breve reporte del árbitro anónimo designado por la revista para evaluar el trabajo:

Reviewer #1 Evaluaciones:

Técnicamente correcto: SI

Nuevas ideas: SI

Es solo la variación de un dispositivo o técnica conocidos: NO

Es apropiado para la revista: SI

Contexto apropiado con trabajos relacionados: SI

Explicación clara: SI

Referencias adecuadas: SI

Título adecuado: SI

Resumen adecuado: SI

Cantidades numéricas adecuadas: SI

Figuras claras con pies: SI

Árbitro #1 (Comentarios):

Este es un artículo interesante sobre un tópico de interés para la comunidad de la física de los medios granulares. Pienso que la idea de la acelerometría lock-in será utilizada en estudios futuros, y recomiendo aceptación después mejoras gramaticales menores.

- d) Evaluación de la acelerometría inalámbrica como un arma para la cuantificación de la penetración de un intruso medios granulares de diversas compactaciones, publicada en la Revista Cubana de Física:

Impact dynamics in hard and soft granular matter

H. Torres, A. González, G. Sánchez-Colina, J. C. Drake y E. Altshuler

Revista Cubana de Física, **29**, No.1E (2012) p. 1E45

Estos trabajos han impulsado la obtención de un proyecto Cuba-Francia:

“La Física de las catástrofes naturales: aprendiendo a predecir y mitigar” [Fondo de Solidaridad Prioritaria, 2012]. (Jefe cubano: E. Altshuler. Jefe francés: R. Toussaint. Doctorante cubano involucrado: G. Sánchez-Colina).

Además, el trabajo involucrado en la propuesta de premio ha sido representado exitosamente, de forma oral, en eventos científicos internacionales y otros escenarios de gran prestigio, en forma de conferencias dictadas por E. Altshuler:

- a) 6 de julio de 2012, conferencia plenaria “The FABULAB Project: low-budget experiments in the Solar System”, durante la conferencia Gordon sobre Flujos Granulares llevada a cabo en Davidson, USA. Es importante destacar que a la conferencia Gordon asistieron unos 130 científicos de todos los continentes, entre los que se contaban muchos de los principales especialistas en el tema en *“Lock-in accelerometry” to follow sink dynamics in shaken granular matter* *Reviews of Scientific Instruments* (2014) (Factor de impacto 2013: **1.58**) G. Sánchez-Colina, L. Alonso-Llanes, E. Martínez, A. J. Batista-Leyva, C. Clement, C. Fliedner, R. Toussaint y E. Altshuler. cuestión. La conferencia señalada fue la única dictada por un orador del Tercer Mundo, de entre un total de 25 exposiciones orales de casi una hora de duración cada una.
- b) 20 de julio del 2012, se impartió la charla “Flow controlled symmetry breaking of an active suspensión through a funnel and other experiments”, dentro del ciclo de seminarios “Computation in Science”, del James Franck Institute, Universidad de Chicago (USA).
- c) Se impartió la charla “El proyecto FABULAB: experimentos baratos en el sistema solar” primero a estudiantes y profesores de la enseñanza media de Pamplona (13 nov 12) y luego ante el Departamento de Física de la Universidad de Navarra (23 nov 12).
- d) 22 de octubre de 2013: conferencia plenaria “Doing low-budget granular experiments at different gravities”, XIII Latin American Workshop on Nonlinear Phenomena, LAWNP 2013, Argentina, October 21-25, 2013.
- e) 15 de julio de 2014, seminario “Falling, flowing and shaken granular matter” (Departamento de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Rutgers, USA).
- f) 13 de septiembre de 2014: Seminario “Extraterrestrial sink dynamics in granular matter” (PMMHESPCI, Paris).
- g) 18 de septiembre de 2014: Seminario “Extraterrestrial sink dynamics in granular matter” (ILM, Universidad de Lyon)

El uso de acelerómetros inalámbricos en medios granulares se ha convertido en una práctica docente de alto valor metodológico, integrada desde hace años al Laboratorio de Experimentos Avanzados de Física, al cursillo homónimo impartido a físicos de todo el país y del extranjero ofrecido durante el simposio 2014 de la Sociedad Cubana de Física, y también como parte de un curso de superación de profesores de la Enseñanza Media que tendrá lugar próximamente.

La actividad científica arriba descrita ha contribuido a las defensas de las tesis de Diploma del estudiante Harol Torres y Laciél Alonso (mayo de 2015) y al doctorado del ingeniero Gustavo Sánchez-Colina (2015).