

S3 Didactics and History of Physics Didáctica e Historia de la Física (GEDH)

14/07 Thursday afternoon, Aula 1.14

- 15:30-16:00 José Benito Vázquez Dorrío, Miguel Ángel Queiruga-Dios
Algunas herramientas práctico-mentales para el aprendizaje de la Física
- 16:00-16:15 Javier Pulgar, Diego Ramírez, Cristian Candia
Fostering between-group collaboration in physics education through random group assignment
- 16:15-16:30 Javier Pulgar
A Teacher Ed. Initiative for Effective Collaboration via Classroom Network Analysis in Physics Education
- 16:30-16:45 Gabriel Pinto
Enfriamiento del agua en recipientes cerámicos como el botijo: Un recurso para la formación STEAM
- 16:45-17:00 Luis Moreno Martínez
“¿Eso para qué sirve?”. Una experiencia de recreación de un gabinete histórico de física en las aulas de ESO
- 17:00-18:00 **Posters and Coffee**
- 18:00-18:30 Arcadio Sotto, Jesús M. Arsuaga, Pablo Melón
Diseño de laboratorios STEM sostenibles
- 18:30-18:45 Jesús María Arsuaga Ferreras, Arcadio Sotto Díaz, Pablo Melón Jiménez
La Física en el nuevo currículo de Primaria
- 18:45-19:00 Cabrera, Bastián Carnero, Carlos Damián Rodríguez-Fernández, Damián Insua-Costa, Irene Romo-Díez, Javier Prada-Rodrigo, Javier Varela-Carballo, José Paz-Martín, Sabela Fernández-Rodicio, Verónica Villa-Ortega, Víctor W. Segundo Staels
I NW MYRO: How students from different universities managed to organize a face-to-face congress after two long pandemic years
- 19:00-19:15 Pablo De Ruyt, Javier Pulgar
Lectura de libros de divulgación para estimular la reflexión conceptual en física moderna escolar

Acoustic Determination of the Gravitational Acceleration

Camila F. Marín Sepúlveda*, Juan C. Castro-Palacio, Juan A. Monsoriu

Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, 46022 València, Spain.

*e-mail: cmarin@doctor.upv.es

In recent years, a wide range of physics teaching experiments using smartphone sensors has been published. Many topics within introductory and first-year university courses are covered [1-8], such as linear and circular motions, oscillations, beats, acoustics, optics, and magnetism. These experiments have proved to increase the motivation and independence of engineering students as the smartphone is a very familiar device to them.

In this work, we will use sound wave resonance in an air column to study the free fall of a body inside an aluminium pipe (figure 1). The multiple resonances of a sound wave in the pipe allow to construct the curve of the distance *versus* time in a constant acceleration motion from where the gravitational constant can be obtained by means of a fitting.

Apart from putting together two topics of general physics, namely, kinematics and acoustics, another contribution of this work is to use a smartphone to generate and analyse the sound waves simultaneously, all in one device. The single-tone sound wave is generated by the free mobile app. Physics Toolbox Suite for Android. At the same time the sound wave is generated, another Android app., the Voice Recorder, is active and recording the standing sound wave established inside the pipe while the body falls. The result of this work for the gravitational constant is compared with the published value in the literature yielding a percentage difference of less than 8 %.

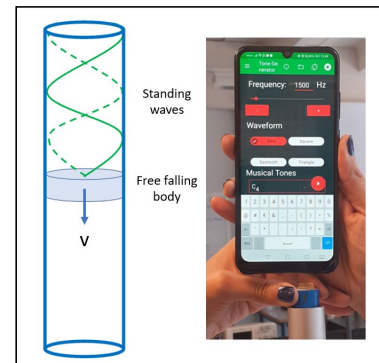


Figure 1. Experimental setup used to determine the gravitational constant.

- [1] P. Vogt, J. Kuhn, Experiments using cell phones in physics classroom education: The computer-aided g determination, *Phys. Teach.* **49**, 383 (2011).
- [2] P. Vogt, J. Kuhn, Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor, *Phys. Teach.* **50**, 439 (2012).
- [3] J. C. Castro-Palacio, L. Velázquez-Abad, M. H. Gimenez, J. A. Monsoriu, Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations, *Am. J. Phys.* **81**, 472 (2013).
- [4] J. C. Castro-Palacio, L. Velázquez-Abad, F. Gimenez, J. A. Monsoriu, A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors, *Eur. J. Phys.* **10**, 737 (2013).
- [5] J. C. Castro-Palacio, L. Velázquez-Abad, J. A. Gómez-Tejedor, F. J. Manjón, J. A. Monsoriu, Using a smartphone acceleration sensor to study uniform and uniformly accelerated circular motions *Revista Brasileira de Ensino de Física* **36**(2), 2315 (2014).
- [6] M. H. Giménez, J. C. Castro-Palacio, J. A. Monsoriu, Direct visualization of mechanical beats by means of an oscillating smartphone, *Phys. Teach.* **55**, 424 (2017).
- [7] S. O. Parolin, G. Pezzi, Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures, *Phys. Teach.* **51**, 508 (2013).
- [8] I. Salinas, M. H. Giménez, J. A. Monsoriu, J. C. Castro-Palacio, Characterization of linear light sources with the smartphone's ambient light sensor, *Phys. Teach.* **56**, 562 (2018).

Fostering between-group collaboration in physics education through random group assignment

J. Pulgar^{1,2,*}, D. Ramírez,^{2,3} C. Candia⁴

¹Physics Department, Universidad del Bío Bío, Concepción 4051381, Chile. ²Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias y Matemática (GIDICMA), UBB, Chile. ³C. Investigación en Complejidad Social, Universidad del Desarrollo, Las Condes, 7610658, Chile. ⁴Data Science Institute, Fac. Ingeniería, Universidad del Desarrollo, Las Condes, 7610658, Chile.

*e-mail: jpulgar@ubiobio.cl

Classroom collaboration is critical for human development across disciplines and activities. Nonetheless, we are far from fully comprehend the ways in which individuals collaborate, as well as the drivers for seeking out help and advice from others for learning physics. Outside-group social interactions are rarely a point of attention in physics education studies, whereas in other disciplines, such as the sociology of innovations, between-group interactions are critical for the emergence of good ideas and collective learning [1]. Social relationships are rooted in similarity and affinity (i.e., homophily), and thus classroom collaboration is more likely to happen among those who are friends and display familiar behaviours [2]. The effects of student collaboration are well documented in PER, yet such academic gains depend on the set of norms and expectations defined by the nature of the tasks, teachers' roles, and the investment onto one's group [3].

The study was conducted in a sample of high school physics students ($N = 90$) from four courses in Southern Chile. To address the group activities designed, the teacher defined two alternative grouping mechanisms, namely: random assignment (experimental, $n_e = 44$); and friendship-based groups (control $n_c = 44$). Two courses were selected for each condition. We gather information onto students' group membership, and the following social networks: friendship; academic prestige (i.e., Who is a good physics student?); and physics collaboration. We to determine two brokerage variables linked with information flow: gatekeeper (i.e., source actor from other group) and representative (i.e., destination actor from another group).

Figure 1 depicts OLS multiple regression models fitted for Outside-group collaboration, representative and gatekeeper brokerage using outside-group friendship, good student nomination, inside-group collaboration, and the experimental conditions and gender as factors. As shown, outside-group collaboration is associated with having friends outside the group. External collaborative ties also are linked with higher rates of gatekeeper and representative brokerage, yet these roles are engaged by students in opposite sides of the academic hierarchy (see good student nomination coefficients). Further, the experimental group shows higher rates of representative brokerage compared to the control group. Students with more friends distributed throughout the classroom are more likely to engage in outside-group collaboration and brokerage, evidence that could inform grouping mechanisms and instructional strategies to guide group-level processes in the face of physics activities.

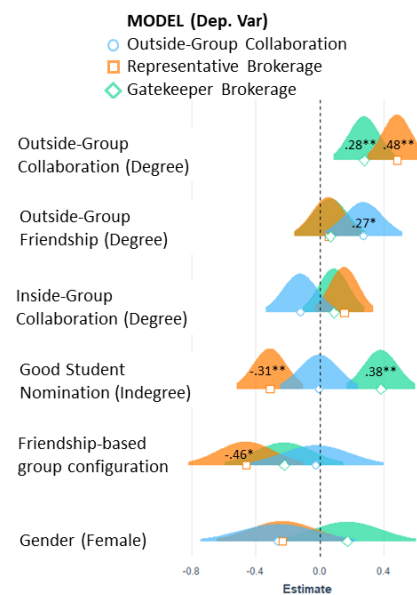


Figure 1. Graphic visualization of OLS multiple regression models for Outside-group collaboration (blue), Representative brokerage (orange), and Gatekeeper brokerage (green). Note: * $p < .05$; ** $p < .01$.

[1] J. Pulgar, *Thinking Skills & Creativity* **42**, 100942 (2021).

[2] H. Weber, M. Schwenzer, S. Hillmert, *Network Science* **8**, 469 (2020).

[3] J. Pulgar, C. Candia & Leonardi, *Physical Review Physics Education* **16**, 010137 (2020).

Acknowledgements: This material is supported by project FONDECYT 11220385, ANID, Chile; and project 2020217 IF/F, Vicerrectoria de Investigación y Postgrado, Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.

The Smartphone as a Variable Voltage Supply: Cases of the RC , RL and RLC Series Circuits

Ives Torriente García, Juan C. Castro-Palacio*, Juan A. Monsoriu

Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica, Universitat Politècnica de València,
Camino de Vera, s/n, 46022 València, Spain.

*e-mail: juancas@upvnet.upv.es

The smartphone sensors offer good opportunities for physics teaching laboratories within introductory and first-year university courses [1-8]. The published work covers a wide range of topics such as linear and circular motions, oscillations, hydrostatics, waves, acoustics, optics, and magnetism. However, not much has been published in relation to the use of smartphones sensors to study the basic electric circuits commonly included in general physics courses for engineering [9-12].

In this work, we will use the smartphone as a variable voltage generator to the study RC , RL and RLC series circuits (see RC circuit in figure 1) in first-year physics courses for engineering. For this purpose, the tone generator function within the free Android “Physics Toolbox Suite” app. has been used. Simultaneously, the sound oscilloscope included in the same app. has been used to visualise the voltage signals at the different components.

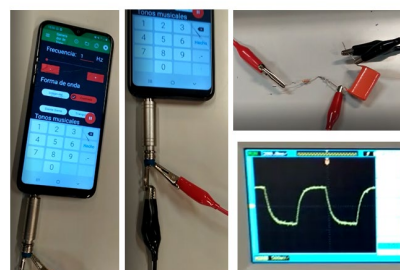
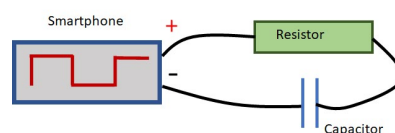


Figure 1. Study of the RL circuit using the smartphone as a function generator. The schematic representation of the circuit (upper panel) and pictures of the actual components (lower panel).

- [1] P. Vogt, J. Kuhn, Experiments using cell phones in physics classroom education: The computer-aided determination, *Phys. Teach.* **49**, 383 (2011).
- [2] P. Vogt, J. Kuhn, Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor, *Phys. Teach.* **50**, 439 (2012).
- [3] J. C. Castro-Palacio, L. Velazquez-Abad, M. H. Gimenez, J. A. Monsoriu, Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations, *Am. J. Phys.* **81**, 472 (2013).
- [4] J. C. Castro-Palacio, L. Velazquez-Abad, F. Gimenez, J. A. Monsoriu, A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors, *Eur. J. Phys.* **10**, 737 (2013).
- [5] J. C. Castro-Palacio, L. Velázquez-Abad, J.A. Gómez-Tejedor, F. J. Manjón, J. A. Monsoriu, Using a smartphone acceleration sensor to study uniform and uniformly accelerated circular motions, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **36**(2), 2315 (2014).
- [6] M. H. Giménez, J. C. Castro-Palacio, J. A. Monsoriu, Direct visualization of mechanical beats by means of an oscillating smartphone, *Phys. Teach.* **55**, 424 (2017).
- [7] S. O. Parolin, G. Pezzi, Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures, *Phys. Teach.* **51**, 508 (2013).
- [8] I. Salinas, M. H. Giménez, J. A. Monsoriu, J. C. Castro-Palacio, Characterization of linear light sources with the smartphone’s ambient light sensor, *Phys. Teach.* **56**, 562 (2018).
- [9] K. Forinash, Smartphones as portable oscilloscopes for physics labs, *Phys. Teach.* **50**, 242 (2012).
- [10] J. R. Groff, Estimating RC Time Constants Using Sound, *Phys. Teach.* **57**, 393 (2019).
- [11] S. R. Pathare, M. K. Raghavendra, S. Huli, Low-Cost Alternative for Signal Generators in the Physics Laboratory, *Phys. Teach.* **55**, 301 (2017).
- [12] K. Forinash, Smartphones—Experiments with an External Thermistor Circuit, *Phys. Teach.* **50**, 566 (2012).

Enfriamiento del agua en recipientes cerámicos como el botijo: Un recurso para la formación STEAM

Gabriel Pinto^{1,2,*}

¹Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (GEDH), Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, Plaza de las Ciencias, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. ²E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.

*gabriel.pinto@upm.es

Los objetivos del trabajo son: fomentar la cultura y la educación científica, promover la curiosidad y la indagación, aprender conceptos de varias disciplinas (física, química, matemáticas, geología, tecnología, biología, geografía...), mostrar la necesidad de experimentar para aprender ciencia, usar objetos cotidianos en actividades educativas, y promover enfoques CTS (*ciencia, tecnología y sociedad*). Lo tratado, mostrado para conocimiento e inspiración del profesorado, se articula sobre un tema central: el enfriamiento del agua contenida en recipientes cerámicos porosos, al evaporarse. El fenómeno, conocido desde hace siglos, se usa en distintos países, siendo emblemático el botijo español. Se muestra así que la *sabiduría popular* ha encontrado soluciones ingeniosas para resolver problemas y mejorar la vida, con los medios disponibles.

El enfriamiento del agua y la cantidad que se evapora con el tiempo son fáciles de medir. Hace años, analizamos un caso concreto; con los principios de transferencia de masa y calor, planteamos las ecuaciones diferenciales que describen los fenómenos producidos (Fig. 1). Considerando los parámetros involucrados y el cálculo simultáneo de algunas magnitudes, se resolvieron las ecuaciones por métodos numéricos [1]. Se obtuvieron valores de masa de agua evaporada y temperatura próximos a los experimentales. Todo este planteamiento es abordable en asignaturas de últimos cursos de titulaciones de Grado pero también, con distintas orientaciones, en todas las etapas educativas. Por ejemplo, puede servir para introducir la estructura, propiedades y procesado de arcillas (silicatos laminares). O puede estudiarse la influencia de la humedad del ambiente con el '*pájaro bebedor*', un juguete científico popular, encerrado o no en una campana transparente. Con una maceta introducida en otra mayor, y disponiendo arena humedecida entre ambas, se pueden fabricar los dispositivos ideados por el nigeriano Mohammed Bah Abba, conocidos como *pot-in-pot*, que conservan mejor los alimentos (al disminuir su velocidad de degradación al descender la temperatura). Esta aplicación permitió a niñas de ciertos poblados acudir a la escuela, pues dependían de la recolección y venta rápida de ciertas verduras [2].

La aparición de estos planteamientos en diversos medios de comunicación, durante los pasados años, ha servido para popularizar y divulgar conceptos científicos. Otros autores han enfocado el estudio en la influencia del clima [3] y en la geometría del recipiente [4], por citar algunos ejemplos. Se considera que el conjunto de lo tratado abre vías para abordar, en las aulas, enfoques de lo que se conoce como STEAM (por las siglas en inglés de *ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas*).

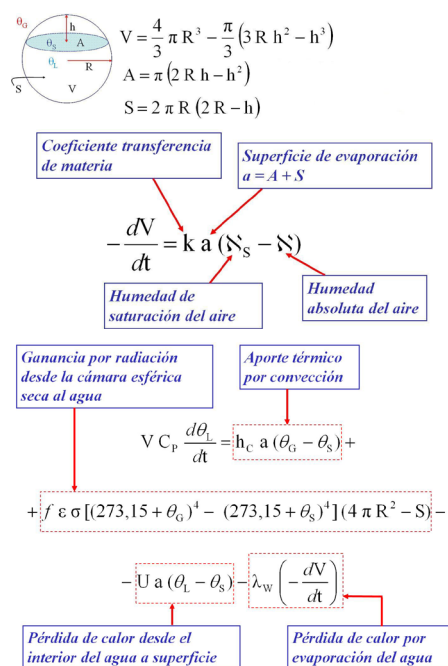


Figura 1. Modelo de botijo, con parámetros geométricos, y ecuaciones de velocidad de evaporación del agua y su variación térmica.

[1] J. I. Zubizarreta, G. Pinto, *Chemical Engineering Education* **29**, 96 (1995).

[2] G. Pinto *et al.*, *IV Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza*, pp. 413-422, Santillana (2017).

[3] A. Martínez de Azagra, J. del Río, *Journal of Maps* **11**, 240 (2015).

[4] J. Ortega-Casanova *et al.*, *Case Studies in Thermal Engineering* **26**, 101022 (2021).

Agradecimientos. Se agradecen las ayudas prestadas por la UPM (Proyecto de innovación educativa IE22.0506), la Obra Social «la Caixa» (Proyecto divulgativo «Ciencia y tecnología al alcance de tod@s»), y la Comunidad de Madrid,

«¿Eso para qué sirve?». Una experiencia de recreación de un gabinete histórico de física en las aulas de ESO

Luis Moreno Martínez^{1,2,*}

¹Departamento de Física y Química, CEIPSO Vicente Aleixandre, Miraflores de la Sierra, Comunidad de Madrid. ²Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

*e-mail: luis.morenomartinez@educa.madrid.org

El estudio histórico de las prácticas y materiales de la enseñanza de las ciencias constituye una perspectiva de gran actualidad en la investigación en historia y didáctica de las ciencias. Se trata de una línea de investigación que ha experimentado una notable expansión en las últimas décadas a través de la publicación de múltiples trabajos académicos sobre las prácticas pedagógicas, la cultura material, los manuales, los espacios y las biografías del profesorado [1]. En el contexto español, uno de los docentes de tiempos pretéritos cuya obra ha sido recientemente recuperada y analizada es el profesor Modesto Bargalló Ardévol (1894-1981). Bargalló fue una figura clave en la renovación de la enseñanza de las ciencias físicas, químicas y naturales del primer tercio del siglo XX que se vio obligado al exilio en México en 1939. Antes de exiliarse, desarrolló una prolífica actividad enseñando ciencias a los futuros maestros de la Escuela Normal de Maestros de Guadalajara y publicando diversos libros, manuales, traducciones, artículos, boletines y revistas sobre didáctica e historia de las ciencias. Entre esta amplia producción impresa se incluyen varios textos de enseñanza de la física, como *El gabinete de Física* (1924), obra en la que Bargalló detalló la construcción de cerca de cuarenta aparatos de física a partir de objetos cotidianos y útiles sencillos. Si bien los aparatos contruidos por Bargalló y sus estudiantes perecieron con el paso del tiempo, el abundante uso de ilustraciones de este profesor para difundir sus prácticas pedagógicas ha hecho posible conocer y recuperar su gabinete de física [2].

La presente comunicación analiza una experiencia de recreación del gabinete histórico de física del profesor Bargalló realizada con alumnado de la materia de Física y Química de segundo y tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria durante el curso escolar 2021-2022. Se trata de una experiencia didáctica que, lejos de buscar la reproducción fidedigna de los artefactos que conformaron el histórico gabinete, ha pretendido inspirar y motivar al alumnado en el diseño de aparatos análogos, identificando y aplicando los principios físicos que operan en su funcionamiento. Para la construcción de estos artefactos el alumnado, además de trabajar en equipo, hizo uso de residuos y productos cotidianos, potenciando la reutilización de los mismos. La experiencia ha permitido así identificar dificultades conceptuales y concepciones alternativas del alumnado sobre aprendizajes básicos de la física escolar (mecánica, electrostática, conducción del calor...), fomentar el aprendizaje experimental y manipulativo de la ciencia, concienciar al alumnado sobre la importancia del reciclaje y la reutilización de materiales y explorar las múltiples utilidades didácticas de la historia de la ciencia.

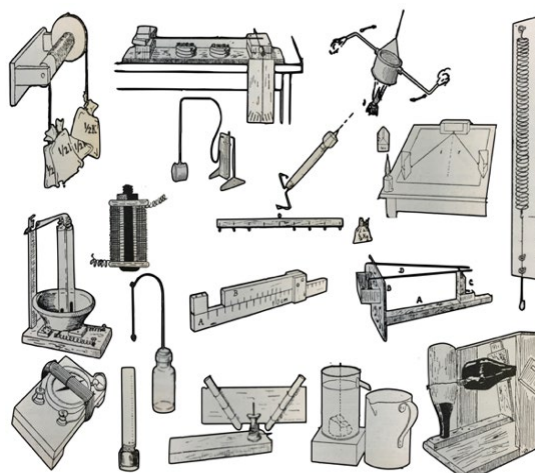


Figura 1. Algunos aparatos del gabinete de física del profesor Modesto Bargalló.

[1] John Rudolph, *How we teach science? What's changed and why it matters*, Harvard University Press (2019).

[2] Luis Moreno Martínez, *Revista Española de Física* 36(1), 11 (2022).

La Física en el nuevo currículo de Primaria

Arcadio Sotto, **Jesús María Arsuaga***, Pablo Melón

*Grupo de Investigación en Educación STEM (GIE-STEM),
Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad Rey Juan Carlos.
C/ Tulipán, s/n. 28933 – Móstoles (Madrid), España.*

*e-mail: jesusmaria.arsuaga@urjc.es

La ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, más conocida como LOMLOE o “*Ley Celaá*” fue impulsada por la ministra María Isabel Celaá Diéguez siete meses antes de ser relevada como responsable del Ministerio de Educación [1]. Como desgraciadamente sucede en España de forma reiterada, la nueva ley no fue consensuada con los partidos de la oposición y se aprobó exclusivamente con los votos de los partidos que conforman el Gobierno y algunos de sus socios de legislatura (obtuvo 177 votos a favor, siendo necesarios para su aprobación 176 debido a su condición de ley orgánica). Está actualmente recurrida ante el Tribunal Constitucional y su vigencia dependerá de la permanencia del actual bloque de gobierno en las próximas elecciones generales.

Como desarrollo natural de la LOMLOE, se ha publicado recientemente en el B.O.E. (2 de marzo de 2022) el nuevo diseño que el Ministerio de Educación y Formación Profesional ha elaborado para la etapa Primaria explicitando la ordenación general de la etapa y la concreción de las enseñanzas mínimas [2]. Como es bien conocido, posteriormente, cada comunidad autónoma deberá elaborar su currículo específico.

A diferencia de otros países más avanzados en la potenciación del ámbito STEM en el diseño del sistema educativo, los especialistas en formación del profesorado y los profesionales de la docencia, tanto en secundaria/bachillerato como en la universidad del ámbito científico, prestamos una atención insuficiente a las etapas Infantil y Primaria que percibimos como un territorio ajeno a nuestra actividad académica.

Por eso, habitualmente, el conocimiento que tenemos de las competencias en el ámbito STEM que las leyes educativas prestan a los estudiantes de las etapas anteriores a la ESO, y más específicamente a la Física, es borroso y deficiente.

El objeto de esta comunicación es la presentación de un análisis de la nueva ley de educación y del decreto de enseñanzas mínimas en relación principalmente con la etapa Primaria, comparándolos con las anteriores leyes educativas. Todo ello enfocado desde una perspectiva vinculada de forma global al ámbito STEM y concretando con más detalle los contenidos y referencias que competen al campo de la enseñanza de la Física. Como primera circunstancia, llama la atención que de nuevo se cree en la etapa Primaria el área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, tradicionalmente conocido como “*Cono*”, aunque la norma matiza que podrá desdoblarse en Ciencias de la Naturaleza y Ciencias Sociales.

Igualmente, se hará referencia en esta comunicación a las posibles consecuencias que la nueva normativa debería tener en el diseño de los estudios universitarios conducentes a la obtención de los títulos de grado que habilitan para la actividad profesional en la etapa Primaria en lo referente la formación científica de los futuros maestros y más específicamente en el campo de la Física [3].



Figura 1. Isabel Celaá (izda.), Ministra de Educación hasta julio de 2021 y Alejandro Tiana (dcha.), Secretario de Estado de Educación cuando se aprobó la LOMLOE y que permanece en el puesto en la actualidad.

[1] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264

[2] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-3296>

[3] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-22449

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo, colaboración y soporte económico que el grupo especializado en investigación educativa GIE-STEM ha recibido de la Universidad Rey Juan Carlos, de la Agencia Estatal de Investigación (Proyecto STEMIND for Education, EIN2020, 112313) y de la UE (Proyecto MiniOpenLabs, Erasmus+ 2020-1-ES01-KA201-082706).

Algunas herramientas práctico-mentales para el aprendizaje de la Física

José Benito Vázquez Dorrió^{1,*}, Miguel Ángel Queiruga-Dios²

¹Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo, España.

²Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, España.

*e-mail: bvazquez@uvigo.es

Existen evidencias que relacionan la utilización de metodologías activas por parte del profesorado de Física con un mayor rendimiento académico del alumnado si las condiciones necesarias se ponen en juego [1]. Metodologías que, como mínimo actualmente, deben generar motivación intrínseca, inducir al uso de las tecnologías y promover un trabajo experimental colaborativo que suponga trabajar en equipo para aprender [2]. Hay una gran cantidad de investigaciones que indican que, en general, se propicia una actitud más positiva hacia la Física con un enfoque de enseñanza más práctico, basado en actividades manipulativas que hagan dudar al mismo tiempo al alumnado de sus intuiciones al enfrentarles a situaciones experimentales reales (Fig. 1). Pero para alcanzar un resultado positivo de activación mental los agentes implicados deben tener suficiente preparación básica en niveles guiados de instrucción basada en la indagación para acceder a estas metodologías, sin la cual no tiene, en el mejor de los casos, una incidencia significativa positiva sobre el aprendizaje en comparación con estrategias docentes tradicionales [3]. Las actividades práctico-mentales requieren que el alumnado realice tareas guiadas de investigación experimental dentro y/o fuera del aula, usando sus conocimientos y sentidos para observar, e instrumentos de diferente índole para potenciar estos, aumentando al mismo tiempo el interés la atención y la motivación por los contenidos.

En este trabajo se presenta una fundamentación, revisión y utilidad en el aula de estas bien conocidas herramientas práctico-mentales [4-5] que permiten relacionar, mediante actividades experimentales sencillas en el aula o fuera de ella, los conceptos, principios y leyes de la Física con sus aplicaciones e implicaciones, su relevancia para la vida cotidiana, su naturaleza investigadora, su evolución histórica y su proyección social [6]. Se muestran los resultados de su empleo tanto en los primeros cursos de Física de Grados en Ingeniería [7-9] como en cursos de profesorado en formación de secundaria y universidad [10-11].



Figura 1. Actividades relacionadas con el Electromagnetismo [7].

[1] Hake, R. R., *American Journal of Physics* **66**, 64 (1998).

[2] Cairns, D., *International Journal of Science Education* **41**, 2113 (2019).

[3] Gil, M., Cordero, J. M., y Cristóbal, V., *Revista de Educación* **379**, 32 (2018).

[4] Vázquez-Dorrió, B., García-Parada, E., González-Fernández, P. M., *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* **12**, 63 (1994).

[5] Vázquez-Dorrió, B., Rúa-Vieites A., *Revista Iberoamericana de Educación* **42/7**, 1 (2007).

[6] Costa, M. F. M., Vázquez-Dorrió, B., *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **7**, 462 (2010).

[7] <http://www.clickonphysics.es/cms/>

[8] Vázquez-Dorrió, B., *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria* **5**, 12 (2012).

[9] Vázquez-Dorrió, B., Vijande J., *Revista Española de Física* **32**, 22 (2018).

[10] Vázquez-Dorrió, B., en *Innovar na universidade: experiencias do profesorado*, Andavira Editora 85 (2012).

[11] Vázquez-Dorrió, B., en *Nuevos escenarios en la docencia universitaria*, Educación Editora, 457 (2016).