



VI CONGRESSO PAULISTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Itapetininga, 19 de novembro de 2025

LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS DE MECÁNICA CUÁNTICA DESDE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA Y BACHILLERATO

José Antonio López Cambra¹

Jorge Pozuelo-Muñoz²

Eva Terrado Sieso³

Introducción

En esta propuesta de innovación educativa se presentan dos actividades de enseñanza-aprendizaje prácticas dirigidas a 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y 1º de Bachillerato con el objetivo de introducir saberes básicos relacionados con la Mecánica Cuántica, estudiados normalmente en las asignaturas de 2º de Bachillerato de Física y de Química.

Se ha realizado un cuestionario, previo al diseño de las actividades, para recoger datos sobre los conocimientos previos del alumnado en esos cursos relacionados con la Mecánica Cuántica. Las dos actividades, diseñadas a partir de los resultados del cuestionario, son experimentales:

- “La cámara de niebla: el mundo cuántico, hecho visible” se centra en la observación a simple vista del efecto de partículas subatómicas en una cámara de niebla.
- “El espectroscopio casero: espectros atómicos” se centra en la construcción y empleo de un espectroscopio con materiales cotidianos para analizar la luz procedente de distintas fuentes.

Metodología

La propuesta de innovación aquí presentada sigue una metodología de investigación cualitativa (Investigación Basada en Diseño) empleando un pre-test y un análisis posterior del trabajo del alumnado. Hay una observación y participación activa por parte del investigador desde el papel del docente.

Para el pre-test se diseñó un cuestionario, validado por dos expertos de Didáctica de Ciencias Experimentales. Se organiza en dos bloques de preguntas tipo test, sobre estructura atómica y espectros atómicos, y un bloque de afirmaciones verdadero/falso, con algunas preguntas redundantes. Para el diseño del cuestionario se ha seguido la guía del Instituto Internacional de

¹ Graduado en Química y Máster de Profesorado. Universidad de Zaragoza. 0009-0004-6145-8864. E-mail: lopezcambra.joseantonio@gmail.com

² Graduado en Física y Doctor. Universidad de Zaragoza. 0000-0002-9223-6832. E-mail: jpozuelo@unizar.es

³ Licenciada en Química y Doctora. Universidad de Zaragoza. 0000-0001-8511-5218. Email: eterrado@unizar.es



VI CONGRESSO PAULISTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Itapetininga, 19 de novembro de 2025

Planeamiento de la Educación de la UNESCO (SINISCALCO; AURIAT, 2005). Todas las preguntas son de respuesta cerrada, facilitando la corrección y el análisis de las respuestas de toda la muestra.

Fundamentación teórica

En un mundo cada vez más avanzado tecnológicamente y, sin embargo, con una población lastrada generalmente por la ignorancia científica, se evidencia la importancia de la enseñanza competencial científica (CHAMIZO; PÉREZ, 2017). Frente a esta necesidad de aprendizaje competencial de ciencias, muchos autores proponen como solución la resolución de problemas (POZUELO-MUÑOZ et al., 2023; SAVALL et al., 2015).

La Enseñanza Problematizada en el aprendizaje de las Ciencias (EPC) es una metodología que ha cobrado un papel destacado en la investigación en enseñanza de ciencias. Es un modelo de enseñanza de carácter indagatorio, en el cual la unidad didáctica se organiza en torno a uno o más problemas adecuadamente estructurados y se propone un plan de investigación para solucionarlos (SAVALL et al., 2015). La experimentación práctica es también considerada un aspecto muy importante, incluso imprescindible, de la enseñanza de ciencias. Diseñadas adecuadamente, las sesiones prácticas pueden ser el vehículo adecuado para enseñar a través de la resolución de problemas.

Dentro del ámbito de la enseñanza de las ciencias, la Mecánica Cuántica es infame por la dificultad de su entendimiento, como describía famosamente Feynman (1985, p. 127): "...creo poder afirmar de forma segura que nadie entiende la mecánica cuántica". En el nivel de secundaria, se han hecho varios estudios evidenciando estas dificultades con conclusiones coincidentes (SINARCAS; SOLBES, 2013; KRIJTENBURG-LEWERISSA et al., 2017;; CASCAROSA et al., 2022). Se pueden resumir en dos motivos principales:

- Los saberes y modelos de la Mecánica Cuántica están muy alejados de la percepción cotidiana y pueden ser difíciles de comprender incluso para los propios docentes.
- Algunas ideas alternativas acaban siendo perpetuadas por los propios docentes debido a su arraigo.

Frente a estas dificultades bien conocidas, han surgido en los últimos años propuestas alejadas de la metodología tradicional y enfocadas en la innovación educativa (FAÚNDEZ et al., 2015; POZUELO-MUÑOZ et al., 2024); SOLBES; SINARCAS, 2010;). Aunque cada vez más en los últimos años se están implementando enfoques conceptuales de la Mecánica Cuántica en todo el mundo, la investigación en enseñanza del comportamiento cuántico todavía requiere de más estudio en el nivel de la secundaria y el primer ciclo universitario (KRIJTENBURG-LEWERISSA et al., 2017).

Hay suficiente base teórica para orientar la secuencia de innovación aquí presentada hacia los trabajos prácticos, de forma que a través de la experimentación se relacionen la experiencia en el mundo macroscópico con fenómenos cuánticos. La secuencia debe seguir un enfoque que facilite el aprendizaje activo del alumnado. La EPC, que ofrece una buena oportunidad para la indagación (guiada) por parte del alumnado, es una buena herramienta para este propósito.



VI CONGRESSO PAULISTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Itapetininga, 19 de novembro de 2025

Resultados

Los resultados del cuestionario, validado y aplicado a una muestra de 96 estudiantes de 4º de ESO, 1º y 2º de Bachillerato, destacan la existencia de ideas alternativas coherentes con las más frecuentes halladas en la bibliografía y muy asentadas antes de estudiar el bloque de Física Moderna. En particular, el alumnado de 4º de la ESO y el de 1º de es consciente de la estructura atómica y está familiarizado con términos como “orbital” y “espectro atómico”. Conociendo los conocimientos previos del alumnado, se pudieron diseñar actividades que construyesen sobre esa base para adelantar saberes de 2º de Bachillerato.

La actividad “La cámara de niebla: el mundo cuántico, hecho visible” no pudo llevarse a cabo de la forma deseada en el día previsto debido a un imprevisto material de última hora. La sesión con cada grupo se reorganizó y se trabajaron conceptos introductorios a las MC y al Modelo Estándar de Partículas. Al disponer de todos los materiales para el montaje de las cámaras, se explicó su funcionamiento alentando la deducción por parte del alumnado a través de preguntas guiadas. Al final de la sesión, también se mostró a los grupos el tubo de rayos catódicos en funcionamiento, explicando su funcionamiento y lanzando la pregunta “¿Cómo íbamos a usar el tubo con las cámaras?”. El tubo de rayos catódicos produce un haz de electrones que impacta contra la pantalla electroluminiscente de su extremo ancho. Parte de este haz puede llegar a atravesar el vidrio del tubo, dada la naturaleza hueca del átomo y la materia, y ser detectado en la cámara de niebla. Las sesiones reestructuradas se desarrollaron satisfactoriamente.

Dos meses después, tuvimos la oportunidad de asistir a otro centro para apoyar la presentación de un grupo de alumnas de 4º de la ESO, del programa de desarrollo de capacidades, que habían construido por su cuenta una cámara de niebla por un procedimiento muy similar. Las fotografías de la figura 1 muestran los materiales empleados, la cámara de niebla montada y en funcionamiento. Como se muestra en la tercera fotografía de la figura, pudimos experimentar con el tubo de rayos catódicos como habíamos planeado originalmente.



Figura 1. Fotografías de: los materiales empleados por las alumnas en la construcción de su cámara de niebla (izquierda), la cámara de niebla montada (centro) y uno de los autores aproximando el tubo de rayos catódicos a la cámara (derecha).

La actividad “El espectroscopio casero: espectros atómicos” consistió en la construcción de espectroscopios sencillos a partir de materiales comunes y reciclados (principalmente, un CD) y plantillas obtenidas en la bibliografía



VI CONGRESSO PAULISTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Itapetininga, 19 de novembro de 2025

(HEREDIA AVALOS, 2009). La figura 2 muestra algunos espectroscopios contruidos por el alumnado durante la actividad.



Figura 2. Fotografías de algunos espectroscopios contruidos por el alumnado de 1º de Bachillerato.

Se llevó a cabo con dos grupos de 1º de Bachillerato. Al final de la actividad, se propuso una tarea voluntaria a los estudiantes: observar luces en su entorno a través del espectroscopio para descomponerlas, documentando sus observaciones. La actividad práctica, junto con la tarea, enlazaba saberes básicos incluidos en el currículo del curso (relacionados con energías potenciales y transformaciones energéticas) con saberes básicos que el alumnado estudiaría el curso siguiente (espectros atómicos). De esta forma, ha permitido una construcción del conocimiento basada en la experimentación real por parte del alumnado.

No se pudo realizar en 4º de la ESO por falta de tiempo, pero la actividad es también trasladable a ese curso con el propósito de enlazar saberes aprendidos en clase (energía potencial, transformación de energía) con saberes que estudiarán en cursos siguientes a través de una actividad práctica accesible y muy visual.

Referencias

- CASCAROSA SALILLAS, E.; POZUELO-MUÑOZ, J.; JIMÉNEZ, M.; FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, F.J. Analysis of the mental model about the atom concept in Spanish 15- to 18- years old students. *Educación Química*, v. 33, n. 2, 2022. DOI: 181-193. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.79895>.
- CHAMIZO, J. A.; PÉREZ, Y. Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 74, n. 1, p. 23-40, 2017. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie741624>.
- FAÚNDEZ, C. A.; ROJAS, Y. G.; PINTO, A. A.; ASTUDILLO, H. F. Taller de física cuántica: Un método para introducir conceptos fundamentales en una actividad extracurricular. *Formación Universitaria*, v. 8, n. 2, p. 53–62, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-50062015000200008>.
- FEYNMAN, R. P. *The character of physical law*. Cambridge: The M.I.T. Press, 1985. (Obra original publicada en 1965).



VI CONGRESSO PAULISTA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Itapetininga, 19 de novembro de 2025

HEREDIA AVALOS, S. Cómo construir un espectroscopio casero con un CD. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 491-495, 2009.

IZQUIERDO, M. *Resoldre problemes per aprendre*. Barcelona: EINES d'Innovació Docent en Educació Superior, 2005.

KRIJTENBURG-LEWERISSA, K.; POL, H. J.; BRINKMAN, A.; VAN JOOLINGEN, W. R. Insights into teaching quantum mechanics in secondary and Lower Undergraduate Education. *Physical Review Physics Education Research*, v. 13, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.13.010109>.

POZUELO-MUÑOZ, J.; CALVO-ZUECO, E.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, E.; CASCAROSA-SALILLAS, E. Science Skills Development through Problem-Based Learning in Secondary Education. *Education Sciences*, v. 13; n. 11, p. 1096, 2023. <https://doi.org/10.3390/educsci13111096>.

POZUELO-MUÑOZ, J.; RANZ VILLARINO, L.; CASCAROSA SALILLAS, E.; TERRADO SIESO, E. Optimizing Particle Visualization in the Classroom: Design, Construction, and Evaluation of Cloud Chambers and Their Use with a Cathode Ray Tube. *The physics Teacher*, en prensa.

SAVALL ALEMANY, F.; DOMÈNECH BLANCO, J. L.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; REY CUBERO, A.; ROSA CINTAS, S. La Enseñanza Problemática de la Física Cuántica en el Bachillerato y en los cursos introductorios de Física. *Modelling in Science Education and Learning*, v. 10, n. 1, p. 199, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6675>.

SINARCAS, V.; SOLBES, J. Dificultades en el aprendizaje y la Enseñanza de la Física Cuántica en el Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, v. 31, n. 3, p. 9–25, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>.

SINISCALCO, M. T.; AURIAT, N. *Questionnaire design: Module 8*. Paris: Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación de la UNESCO, 2005. (Quantitative research methods in educational planning, v. 10).

SOLBES, J.; SINARCAS, V. Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 23, n. 1-2, p. 57-84, 2010.