



**Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas
(curso 2021-2022)**

Responsable de tutorización: Silvia Ahualli Yapur

Correo electrónico: sahualli@ugr.es

Departamento: Física Aplicada

Área de conocimiento: Física Aplicada

Responsable de cotutorización: Ángel V Delgado Mora

Correo electrónico: adelgado@ugr.es

Departamento: Física Aplicada

Área de conocimiento: Física Aplicada

(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)

Estudiante que propone el trabajo:

Título: Estructura de la interfase partícula conductora porosa/disolución en presencia de campo eléctrico externo.

Número de créditos: 6 ECTS 12 ECTS

Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):

- 1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
- 2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
- 3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
- 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
- 5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
- 6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

En escala nanométrica, la gran relación superficie/volumen provoca que la superficie sea determinante en muchas de sus propiedades y en un gran número de aplicaciones. Si la superficie adquiere carga eléctrica cuando está en contacto con una disolución, se produce una atracción electrostática entre ella y los iones de signo contrario (contraiones) y repulsión con los del mismo signo (coiones), que se distribuyen en un cierto volumen próximo a la superficie. Al conjunto formado por la superficie y la región con exceso de contraiones y defecto de coiones, se lo conoce como Doble Capa Eléctrica. Su existencia es determinante, no sólo desde el punto de vista fundamental, sino por las aplicaciones o tecnologías relacionadas con ella (en nuestro grupo se ha estudiado la generación de energía por diferencias de salinidad).

La Doble Capa Eléctrica se caracteriza por tener una muy alta capacidad eléctrica y tiene aplicaciones directas (supercondensadores, por ejemplo) cuando la superficie disponible para almacenar carga es muy grande. Es el caso de electrodos de carbón activado que tienen poros desde unos pocos nanómetros de espesor, idóneos por su alta conductividad, y con superficies específicas del orden de los 1000 m²/g.

La formación de la Doble Capa Eléctrica cerca de la superficie conductora porosa, el perfil del potencial eléctrico y la cinética de los iones cerca de la interfase son aspectos claves para predecir

su comportamiento y aumentar la eficiencia en los procesos tecnológicos [1]. Para su estudio recurrimos a un conjunto de técnicas, llamadas electrocinéticas, que permiten caracterizar eléctricamente esas interfases a través del movimiento relativo entre ellas y la disolución. En especial, la aplicación de un campo eléctrico a partículas, que en este caso serían de carbón activado, en contacto con una disolución con iones, provoca movimiento de las propias partículas, del líquido en las que están inmersas y de los iones de la interfase pudiendo así conocer, a través de su respuesta, la cinética de los iones cerca de la superficie [2]. En este trabajo se pretende un estudio experimental e interpretación teórica de las propiedades eléctricas de las interfases cargadas de partículas conductoras y a la vez porosas [3].

Actividades a desarrollar:

En primer lugar, se hará una revisión bibliográfica acerca del tema que se irá ampliando a medida que se desarrolle el trabajo.

El trabajo comenzará con los aspectos experimentales. Se prepararán y caracterizarán (tamaño y carga eléctrica) las partículas de carbón activado en contacto con disoluciones acuosas salinas.

Se estudiará el efecto de un campo eléctrico sobre las partículas usando electroforesis y observaciones directas a través de microscopía óptica y de fluorescencia, que nos permitirá analizar su respuesta en función del tiempo.

Se interpretarán los resultados y se elaborará un modelo teórico que permita explicar el comportamiento observado experimentalmente teniendo en cuenta las ecuaciones que gobiernan el problema: la ecuación de conservación para cada especie iónica (ecuación de Nernst–Planck), la ecuación de Navier-Stokes para el movimiento del fluido y la distribución del potencial eléctrico en la interfase que obedece a la ecuación de Poisson. Este sistema de ecuaciones diferenciales, acopladas y de segundo orden se resolvió de forma numérica en nuestro grupo de investigación para partículas permeables pero aislantes. Se pretende extender el formalismo para partículas conductoras y comparar con expresiones analíticas que se obtienen usando ciertas aproximaciones.

Objetivos planteados

Estudio de la Doble Capa Eléctrica de partículas conductoras y a la vez porosas y de los efectos de un campo eléctrico aplicado, a partir de la bibliografía existente.

Determinación experimental de la respuesta de suspensiones de partículas conductoras y porosas a un campo eléctrico aplicado usando tanto técnicas indirectas (electroforesis) como directas (observación usando microscopía de fluorescencia)

Análisis de resultados experimentales mediante un modelo teórico. Se usarán rutinas de cálculo ya elaboradas en el grupo de investigación, con las aportaciones del/de la estudiante. Comparación con aproximaciones analíticas.

Bibliografía

- [1] A.V. Delgado, F. González-Caballero, R.J. Hunter, L.K. Koopal, J. Lyklema, “Measurement and interpretation of electrokinetic phenomena” *Journal of Colloid and Interface Science*, 309-2, (2007) 194-224.
- [2] S. Ahualli, A.V. Delgado, S.J. Miklavcic, L.R. White, “Use of a cell model for the evaluation of the dynamic mobility of spherical silica suspensions”, *Journal of Colloid and Interface Science* 309-2 (2007) 342-349.
- [3] S. Rubin, M. E. Suss, P. M. Biesheuvel, M. Bercovici, “Induced-Charge Capacitive Deionization: The Electrokinetic Response of a Porous Particle to an External Electric Field”, *Physical Review Letters* 117, 234502 (2016)

Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de tutorización

Firma del responsable de cotutorización (*en su caso*)

En Granada, a 11 de mayo de 2021