



**UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Informe Final del Proyecto de Innovación Docente ID 2013/006

“Incorporación de técnicas experimentales y bibliométricas en la asignatura Iniciación a la Investigación Educativa en Física y Química”

Participantes: Beatriz García Vasallo y Antonio Calvo Hernández

Departamento de Física Aplicada
Escuela Politécnica Superior de Zamora, Campus Viriato, y
Facultad de Ciencias

Responsable: Beatriz García Vasallo

Duración: Curso Académico 2013/14

Datos del Proyecto de Innovación Docente

TÍTULO: Incorporación de técnicas experimentales y bibliométricas en la asignatura
Iniciación a la Investigación Educativa en Física y Química

REFERENCIA: ID2013/006

PDI RESPONSABLE: BEATRIZ GARCÍA VASALLO

DEPARTAMENTO: FÍSICA APLICADA

CENTRO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA / FACULTAD DE CIENCIAS

MIEMBROS DEL EQUIPO:

BEATRIZ GARCÍA VASALLO

ANTONIO CALVO HERNÁNDEZ

DURACIÓN: CURSO ACADÉMICO 2013/14

1. Presentación

La metodología habitual a seguir en el planteamiento de cualquier proyecto de Investigación e Innovación en Física y Química, como ciencias experimentales, se basa en la aplicación sucesiva de los siguientes puntos:

- Planteamiento y prospección del problema: revisión bibliográfica y estado de la cuestión en los aspectos tanto teóricos como experimentales
- Enunciado preciso del problema
- Planificación teórico/experimental de la investigación
- Desarrollo
- Tratamiento de resultados, interpretaciones y conclusiones

El objetivo genérico del presente proyecto es continuar la labor de innovación iniciada en el año anterior potenciando los tres primeros puntos enumerados anteriormente. En los tiempos actuales, dominados por las tecnologías de la información y de la comunicación, la cantidad de recursos docentes y de innovación disponibles para el tratamiento de cualquier tema es, en general, muy considerable. Esto conlleva que a la hora de plantear una investigación-innovación, el determinar el estado de la cuestión sea una tarea no solo necesaria sino muy importante con el fin de poder posteriormente enunciarla y planificarla de forma precisa, tanto en los aspectos más teóricos como experimentales. Concretamente, nuestros objetivos son:

- a) La sistematización y clasificación de resultados bibliográficos atendiendo a diferentes criterios bibliométricos, lo cual permite una visión más amplia e innovadora del problema a tratar, así como analizar las implicaciones docentes y científico-técnicas que ha podido tener y el contexto histórico en que se desarrolló.
- b) Mostrar a los alumnos las diferentes posibilidades disponibles en una planificación experimental (prácticas de laboratorio, experiencias de cátedra, simulaciones por ordenador, pequeñas prácticas de investigación, recursos multimedia, etc.), analizando pormenorizadamente sus características específicas, idoneidad, ventajas e inconvenientes de acuerdo con el proyecto planteado y los recursos disponibles.

Mejoras en la docencia impartida:

- Conocimiento de bases de datos y herramientas bibliométricas encaminado a una correcta gestión de la información.
- Conocimiento más global de los contenidos y tipos de experiencias disponibles por parte del alumnado, que le permita elegir de forma razonada los más apropiados para cada circunstancia y medios disponibles.
- Utilización conjunta de los contenidos curriculares (conceptuales y experimentales), su contexto histórico y repercusiones científico-técnicas como herramienta activa en desarrollo de proyectos de investigación educativa en Física y Química.
- Conseguir que el alumnado disponga de medios adicionales para un aprendizaje más autónomo. En particular, obtener información científica de fuentes acreditadas que

permita el desarrollo autónomo de los estudiantes en su formación educacional y profesional.

- Capacitar al alumnado para el desarrollo de actividades de promoción y desarrollo de la innovación científica y tecnológica y actividades profesionales en el marco de tecnologías avanzadas.

Impacto sobre la docencia:

- Profundizar en las competencias genéricas relativas al conocimiento práctico de los procesos enseñanza-aprendizaje.
- Profundizar en las competencias específicas de conocimiento de la historia y los desarrollos recientes de las materias y sus perspectivas para poder transmitir una visión más dinámica de las mismas (CE14).
- Profundizar en las competencias específicas relativas a conocer y aplicar metodologías y técnicas básicas de investigación y ser capaz de diseñar y desarrollar proyectos de investigación e innovación (CE25).

2. Actividades realizadas: La entropía como caso de estudio.

Motivación:

Uno de los conceptos más sutiles para los estudiantes, tanto a nivel de ESO y Bachillerato como Universitario es sin ningún tipo de duda el de Entropía (del griego ἐντροπία que significa evolución o transformación), una magnitud que determina la evolución temporal de todos los procesos físicos-químicos. A pesar de su importancia, el tratamiento que recibe es insuficiente y a veces equívoco. Así en los contenidos de la asignatura Física y Química (1º de bachillerato) no aparece explícitamente y si lo hace indirectamente como energía degradada después del epígrafe dedicado al primer principio de la termodinámica. Más sorprendente aún es que el concepto de entropía no aparece en la asignatura de Física de 2º de bachillerato. Sólo en la asignatura de química de 2º de bachillerato aparece explícitamente, pero vinculada únicamente al estudio de las reacciones químicas junto con la energía de Gibbs.

Frecuentemente (y quizás debido a la influencia mediática) se asocia la entropía con conceptos tan abstractos como medida del desorden o negativos como muerte térmica del universo. Como botón de muestra en el siguiente párrafo extraído de la dirección <http://www.textoscientificos.com/fisica/termodinamica/entropia-filosofia> podemos leer: *“La idea de una continua degradación de la energía conlleva a una inexorable muerte del Universo. En este sentido, la Segunda Ley nos indica que el único futuro posible es la aniquilación, dejando al Hombre una sensación que afecta sus posiciones filosóficas y su visión del mundo en forma pesimista. Por otra parte, la Segunda Ley de la Termodinámica provee un argumento incuestionable de validación de las teorías. En otras palabras, toda aquella teoría que no cumpla con la Segunda Ley puede ser descartada sin más.”*

Objetivos:

En definitiva, y debido a su tratamiento superficial en el Bachillerato y posibles concepciones erróneas, hemos creído conveniente hacer hincapié en este concepto presentando resultados y recursos bibliométrico-prácticos en el ámbito educativo que puedan ayudar a los alumnos del MUPES-FyQ en dos direcciones complementarias:

a) conocer y presentar contenidos sobre entropía (y segundo principio de la termodinámica) de una forma adecuada a nivel de bachillerato a sus futuros alumnos.

b) considerar este tema como materia conveniente para la realización de trabajos de investigación educativa y/o de trabajo fin de master.

Puesto que el uso del concepto de entropía ha sobrepasado el ámbito de la Física y de la Química y es frecuente su referencia en otras ramas de las ciencias naturales como la Biología, en teoría de la comunicación e incluso en campos de las ciencias sociales, estudios jurídicos, filosofía, literatura, religión, etc. se ha hecho especial hincapié en los tres siguientes contenidos específicos:

- Principio de aumento de la entropía, procesos observables y flecha del tiempo.
- Entropía y trabajo perdido.
- Entropía y desorden.

Metodología:

Se ha presentado un estudio bibliométrico para la entropía obtenido a partir de resultados generados en la Web of Science utilizando como tópico de búsqueda la palabra Entropy y limitando la búsqueda al campo de investigación educativa. Se han analizado los resultados obtenidos atendiendo a las revistas de divulgación donde han sido publicados, años de publicación, citas obtenidas y contenidos tanto de carácter teórico como experimental.

Respecto de los recursos prácticos hay que señalar que la entropía es una magnitud que no puede determinarse de forma directa a partir de experimentos (no existe el “entropímetro”). En consecuencia la propuesta se encamina a recursos prácticos que de forma indirecta permitan su interpretación y/o cuantificación desde el punto de vista de las ciencias experimentales. En todos ellos la presentación se ha complementado con explicaciones conceptuales para su correcta interpretación en términos de la entropía.

2.1 Recursos bibliométricos en el ámbito educativo.

Más de 450 referencias aparecen en la búsqueda asociadas al área *Education Educational Research*. El análisis de la distribución de resultados por revistas, se puede observar claramente como las más multidisciplinares en sus contenidos, tanto en el ámbito de la Física como de la Química, son las que acumulan mayor número de publicaciones: American Journal of Physics (148), Journal Chemical Education (138) y European Journal of Physics (39). Le sigue en el ranking los resultados provenientes del Congreso Comprehensive Evaluation of Economy and Society with Statistical Science (12), lo que pone de manifiesto el interés actual en temas sociales y económicos y su tratamiento con herramientas de entropía de la información. Un caso sorprendente es el de la Revista Brasileira de Ensino de Física, que aparece en quinto lugar con 7 publicaciones y las dos más recientes dedicadas a la música. Con un reducido número de publicaciones aparecen áreas temáticas tan diversas como la pediatría y administración pública. Un dato sorprendente es que el número de publicaciones de autores españoles en este campo es de 15, por debajo de autores procedentes de USA (188), China (60), o Portugal (15) pero por encima de países con más tradición en este campo como Inglaterra (13), Alemania (12) o Francia (11). Sin embargo no aparece ninguna revista educativa publicada en nuestro país.

La Fig. 1 muestra la evolución temporal de las publicaciones de carácter educativo junto con el número de citas recibidas. Claramente puede apreciarse que la entropía sigue teniendo un papel relevante y creciente en la investigación educativa.

Un primer análisis global de los títulos publicados en las diferentes revistas muestra como estas publicaciones han ido evolucionando a lo largo del tiempo para cubrir las diferentes interpretaciones que la entropía ha tenido desde sus orígenes: macroscópica, microscópica,

cuántica y de información (con aplicaciones tan diversas como la economía, el estudio dinámico de sociedades, computadores e incluso desarrollo urbanístico).

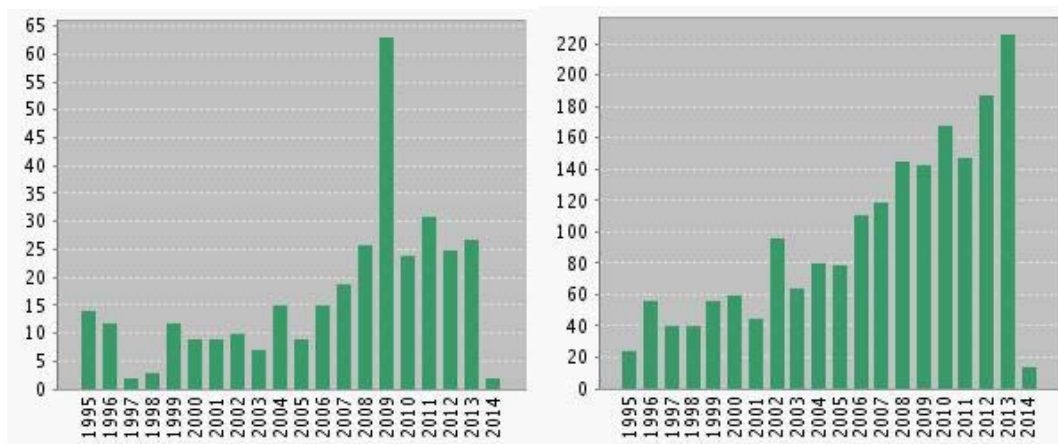


Fig. 1. Evolución temporal del número de publicaciones educativas (izquierda) y de citas (derecha). Resultados obtenidos de Web of Science Core Collection en Febrero de 2014. (https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch)

Como temas más recurrentes a lo largo del tiempo y en todas las revistas podemos mencionar los siguientes: a) el enfrentamiento entre la interpretación microscópica y macroscópica, con sus correspondientes puntos de vista acerca del modo más adecuado para introducir la Entropía (y en consecuencia la segunda ley de la termodinámica) a los estudiantes; b) la relación entre entropía y la reversibilidad de los procesos (asunto clave en la correcta fundamentación de la Termodinámica del equilibrio); c) la desigualdad de Clausius (punto central a partir del cual se define la entropía); d) La paradoja de Gibbs y la distinguibilidad de las partículas idénticas; e) la relación entre entropía y evolución; f) relación entre entropía y máquinas térmicas.

Un detalle significativo es que muchas publicaciones van seguidas de los correspondientes Comment and Reply, lo que claramente demuestra que el significado de la entropía es un tema abierto y de debate permanente, como claramente se recoge en el artículo *How Physicists disagree on the meaning of entropy* [R. H. Swendsen, *AJP* 79(4) 342-348 (2011)]. Otro tema también ampliamente tratado es el del uso de analogías y metáforas en la enseñanza-aprendizaje de la entropía [*Exploring the use of conceptual metaphors in solving problema on entropy*: F. Jeppsson et al., *Journal of the Learning Sciences* 2(1), 70-120 (2013); *Young children's analogical reasoning in science domains*: J. Haglund et al., *Science Education* 96(5), 725-756 (2012); *Arrow of time: metaphorical construals of entropy and the second law of the Thermodynamics*: T. G. Amin et al., *Science Education* 96(5), 818-848 (2012)].

Más concretamente y en relación con los tres puntos señalados en los objetivos específicos (Principio de aumento de la entropía, procesos espontáneos y flecha del tiempo, Entropía y desorden, Entropía y energía degradada) se muestra en el Anexo I un resumen de resultados encontrados en las dos revistas más representativas de Física y Química: *American Journal of Physics* y *Journal Chemical Education*. A partir de ellos los alumnos del curso, futuros profesores de enseñanza media, pueden conseguir recursos conceptuales y experimentales para poder plantear una adecuada selección de contenidos teórico-prácticos en el ámbito de la entropía así como para poder plantear una investigación-innovación educativa en este campo.

2.2 Recursos experimentales y herramientas virtuales.

Se detallan a continuación diferentes recursos de tipo experimental adecuados a los objetivos previstos. Para cada uno de ellos se relacionan los conceptos y las ideas esenciales que se pretenden fijar. Los conocimientos previos necesarios solo requieren el cálculo matemático de variaciones de entropía en algunos procesos elementales.

Simuladores virtuales

Las técnicas conocidas como applets (o physlets, en el caso de la Física) son muy útiles cuando lo que se pretende es proporcionar píldoras de conocimiento basadas en experimentos, que por falta de tiempo o de medios materiales, resultan difícil experimentalmente, es decir, como experiencia de cátedra o de laboratorio. Estas simulaciones también permiten al usuario la realización de medidas de forma virtual que serían trasladables al espacio real del laboratorio, puesto que proporcionan órdenes de magnitud realistas bajo diferentes condiciones de medida. A continuación se presentan dos de los ejemplos mostrados en la asignatura, en particular los que llamaron más la atención por su simplicidad y capacidad de adaptación al contexto educativo del Bachillerato.

Las páginas web de carácter general que han sido recomendadas en la asignatura han sido las siguientes:

Applets en Física (physlets):

- www.fislab.net : por Octavi Casellas
- www.educaplus.org : por Jesús Peñas
- www.walter-fendt.de/ph14s/ : por Walter Fendt
- www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/ : por Fu-Kwun Hwang

Recomendamos especialmente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ . En la Fig. 2 hemos incluido la imagen correspondiente a una simulación experimental en la que se demuestra la Ley del enfriamiento de Newton.

Adicionalmente hemos recomendado las siguientes applets específicas de Química:

- phe.colorado.edu/simulations/index.php : Universidad de Colorado
- www.chem.arizona.edu/chemt/ido.html : por John Pollard y Vicente Talanquer
- www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/ : por Thomas Greenbow
- Chemconnections.org/java : por CHemconnections
- www.chm.davidson.edu/vce : por David N. Blauch

Otras recomendaciones válidas serían:

- Balduca.upc.edu/
- www.catedu.es/cienciaragon/index.php
- www.ite.education.es/profesores/asignaturas/fisica_y_quimica/
- www.edu365.cat/batxillerat/recursos_xarxa/fisica.htm
- www.deciencias.net
- www.xtec.net

Por supuesto, estas recomendaciones se realizan sin menosprecio de otras que puedan ser encontradas por ellos mismos o desarrolladas en el futuro.

Ley del enfriamiento de Newton

Física Estadística y

Calor y temperatura

- Calor específico de un sólido
- Equivalente mecánico del calor
- Calor de fusión
- Calor de vaporización
- Ley del enfriamiento de Newton
- Evaporación del agua
- Calentamiento periódico
- Recinto finito
- Cero absoluto de temperatura
- Medida de la presión atmosférica
- Oscilaciones de un globo
- Medida de la presión de vapor del agua (I)
- Medida de la presión de vapor del agua (II)

Ley del enfriamiento de Newton

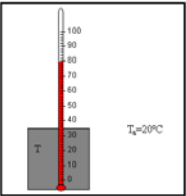
Medida del calor específico de una sustancia

Se calienta una placa expuesta al Sol

Referencias

En esta página, se simula una experiencia de laboratorio poco usual, la medida del calor específico de un cuerpo metálico empleando la ley del enfriamiento de Newton. Para ello, tenemos que conocer el calor específico de un cuerpo de las misma forma tomamos como referencia.

Ley del enfriamiento de Newton



Cuando la diferencia de temperaturas entre un cuerpo y su medio ambiente no es demasiado grande, el calor transferido en la unidad de tiempo el cuerpo por conducción, convección y radiación, es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el medio e

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha S(T - T_0)$$

Donde α es el coeficiente de intercambio de calor y S es el área del cuerpo.

Si la temperatura T del cuerpo es mayor que la temperatura del medio ambiente T_0 , el cuerpo pierde una cantidad de calor dQ en el intervalo de tiempo comprendido entre t y $t + dt$, disminuyendo su temperatura T en dT .

$$dQ = -m c dT$$

Fig. 2. Ejemplo de simulación por ordenador en www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/.

Dentro de los simuladores, que en su caso podrían ser adaptados a experiencias de laboratorio, hemos propuesto concretamente las siguientes:

a) Conducción de calor a través de una barra metálica y cálculo de la variación de entropía total.

Se demuestra que calor fluye de la parte caliente a la fría analizando la temperatura en distintos puntos de la barra y que el incremento de entropía es positivo (principio de aumento de la entropía).

El concepto relevante es el siguiente: los procesos espontáneos son unidireccionales en el sentido que aumenta la entropía (flecha del tiempo). El proceso inverso (que sí verifica el principio de conservación de la energía) no se observa de forma espontánea porque va en contra de la flecha del tiempo. Se puede conseguir pasar calor de un cuerpo frío a uno caliente pero para ello se necesita un sistema intermedio que consume energía en forma de trabajo de tal forma que el incremento de entropía total es no negativo (Segundo Principio en la forma de Clausius).

Ejemplo: se enfrían los alimentos extrayendo calor (por unidad de tiempo) de ellos mediante un frigorífico que consume energía eléctrica.

b) Equivalente mecánico del calor. Se demuestra que el trabajo se puede transformar íntegramente en calor.

El primer concepto relevante es el siguiente: El proceso inverso, es decir, la conversión íntegra y espontánea de calor en trabajo, no se observa nunca. Se puede convertir calor en trabajo útil pero para ello se necesita un sistema intermedio que necesariamente tiene que ceder una cantidad de calor a un medio exterior a temperatura más baja, de tal forma que el incremento de entropía total es no negativo (Segundo principio en la forma de Kelvin-Planck).

El segundo concepto relevante es: La energía perdida, no convertida en energía útil, es proporcional a la producción (positiva) de entropía.

Ejemplo: el cilindro del motor en un automóvil produce potencia mecánica a expensas del calor liberado en el proceso de combustión del carburante y cede calor al medio exterior (esencialmente mediante humos del tubo de escape y calor a través de las paredes de los cilindros).

Experimentos de laboratorio

Como ejemplos de experimentos de laboratorio se ha proporcionado la siguiente información a los alumnos, a fin de familiarizarlos con experiencias propias del Laboratorio de Termodinámica y de relativamente facilidad en su reproducción para sus futuros alumnos de Bachillerato. Durante el transcurso de la asignatura los alumnos fueron llevados al Laboratorio de Termodinámica para ese fin. Para ilustrar las actividades que pueden ser factibles, a continuación se muestra un ejemplo:

Experiencia: Mezcla de masas iguales de agua a diferentes temperaturas y cálculo de la variación de entropía del proceso en términos de las temperaturas iniciales de las dos masas de agua y de la temperatura de equilibrio final.

Material: calorímetro, termómetros, balanza, calentador y dos masas de agua.

Objetivos: Comprobar que el proceso de mezcla siempre se verifica con un incremento de entropía positivo y argumentar porque el proceso inverso no podría verificarse.

Comprobar asimismo como a medida que las temperaturas iniciales de las dos masas de agua tienden a igualarse, el incremento de entropía del proceso tiende a cero. Analizar que pasa en la situación límite en que las dos temperaturas iniciales son iguales.

Conceptos aprendidos: Concepto de proceso reversible (con incremento de entropía total nulo).

Pequeñas investigaciones

Las experiencias de investigación están altamente recomendadas para los alumnos de Bachillerato a fin de despertar en ellos el interés por el avance científico. Todos los programas de calidad sin excepción incluyen actividades de este tipo, y son fundamentales en el Bachillerato de excelencia. Se relatan de forma esquemática algunas de las experiencias que se han realizado tanto en España (realizados en diferentes proyectos educativos) como fuera del país, advirtiendo de las posibles adaptaciones al currículo de Bachillerato, el tiempo disponible y la facilidad de recursos. Un ejemplo se ofrece a continuación:

Transición de fase sólido-líquido-vapor del agua y cálculo de la variación total de entropía del proceso supuesto conocidos “los calores latentes” de las transiciones sólido-líquido y líquido-vapor.

Material: hielo, un calentador y un termómetro.

Objetivos: observar y describir el proceso sólido-líquido-vapor en términos del correspondiente incremento de entropía y relacionarlo con la visión macroscópica orden-desorden observable en el hielo y en el vapor. Relación entre incremento de entropía y el concepto de orden-desorden. Analizar y discutir el concepto orden-desorden “observado” en el líquido.

Concepto relevante: no todas las transiciones de fase van acompañadas de una variación de entropía aunque supongan una variación orden/desorden (ejemplo, ciertas mezclas de cobre y cinc (latón))

SÁBADO, 9 DE JULIO DE 2011


177 Conductividad térmica de los metales

M E T F +1 Recomendar esto en Google

Para realizar nuestro experimento necesitamos una vela, unas bolitas de cera, unos tapones de corcho, **una aguja metálica** (de las de hacer punto) y **un alambre de cobre** de igual longitud y grosor.

La aguja y el alambre se sostienen horizontalmente con los tapones de corcho. Luego pegamos unas **bolitas de cera** sobre el alambre de cobre y sobre la aguja de hierro dejando una separación pequeña entre las bolitas.

Calentando con una vela los extremos libres de los alambres vemos que **el calor transmitido** por los metales va fundiendo la cera y las bolitas caen poco a poco. Pero las bolitas de cera del alambre de cobre caen antes que las bolitas de la aguja de hierro por ser la **conductividad térmica** del cobre mayor que la del hierro.



Publicado por Manuel Díaz Escalera en 0:48 3 comentarios

- inercia con una moneda (2)
- leyes de newton (2)
- péndulo interrumpido (1)

FUERZAS Y EQUILIBRIO

- centro de gravedad (18)
- cuerpos apoyados (2)
- determinar el centro de gravedad (2)
- equilibrio (16)
- equilibrio con tenedores (5)
- equilibrista (12)
- huevo equilibrista (1)
- punto de apoyo (10)
- tentetieso (1)
- torre inclinada (1)

CALOR Y TEMPERATURA

- conductividad térmica (3)
- corrientes de convección (10)
- danza del fuego (1)
- dilatación térmica (2)
- lana (1)
- lámina bimetalica (1)
- temperatura de ebullición (3)
- termómetro casero (1)
- transmisión del calor (7)
- volcán submarino (1)

LÍQUIDOS Y GASES

- adhesión (3)
- alfiler flotador (1)
- botella con un agujero (6)
- capilaridad (5)
- densímetro (1)

Fig. 3. Ejemplo de experimento mostrado en el blog -experimentos.blogspot.com.es.

Videos demostrativos

También los vídeos pueden proporcionar información útil cuando la experiencia resulta de difícil realización en el aula o en el laboratorio. La cantidad de vídeos con diferentes experiencias tanto a nivel de simulación como experimental profesional o amateur resulta tan extensa que hemos intentado recomendar lo que, en nuestro parecer, resulta útil:

Yendo más allá del ámbito de la termodinámica, que ha marcado hasta ahora la presente memoria del Proyecto de Innovación Docente, hemos recomendado webs como fq-experimentos.blogspot.com.es (Fig. 3), blog en que un profesor de ESO y Bachillerato presenta diferentes actividades relacionadas con la Física y la Química, incluyendo el fundamento teórico. Centrándonos en el ámbito de la Termodinámica, hemos realizado un recorrido en esta página en el enlace “Calor y temperatura”, en el que por ejemplo se presenta la conductividad térmica de los metales. Para facilitar su realización presenta un vídeo que, en caso de no disponer de recursos o tiempo suficiente, puede ser empleado en la explicación en el aula.

Experiencias de cátedra

Aunque existen algunas experiencias muy interesantes y económicamente poco costosas, en general estas experiencias quedan supeditadas a la obtención de los medios materiales adecuados para su puesta en marcha, en particular relacionadas con la termodinámica. Durante el actual curso académico no se han llevado a cabo por carecer de los medios materiales, aunque evidentemente se recomienda su utilización tanto como para la comprensión de conceptos como para aumentar la motivación de los alumnos por el ámbito científico. El desarrollo de sesiones teóricas que empiezan con una pequeña experiencia y concluyen con la obtención de conclusiones a partir de la relación de la experiencia mostrada con el desarrollo teórico es muy recomendable.

De estas experiencias de cátedra también existen espacios en Internet altamente recomendables; de hecho, la información que existe al respecto es tan extensa que de nuevo nos parece útil restringirla a lo que en nuestra opinión es la más adecuada. Por ejemplo, muchas de las basadas en el blog de la Figura 2 pueden ser fácilmente adaptadas al entorno del aula.

3. Valoración y conclusiones.

Se han presentado resultados y recursos bibliométricos/prácticos en el ámbito educativo que puedan ayudar a los alumnos del MUPES-FyQ tanto a presentar contenidos sobre entropía de una forma adecuada a nivel de bachillerato a sus futuros alumnos, como a considerar este tema como materia conveniente para la realización de trabajos de investigación educativa y/o de trabajo fin de master. Especial atención se ha puesto en tres puntos que caracterizan la entropía, respectivamente, como flecha del tiempo, desorden y trabajo perdido. Para cada uno de ellos se han ofrecido a los alumnos recursos experimentales, bibliométricos y conceptuales.

Se consigue de esta forma que los estudiantes conozcan bases de datos y herramientas bibliométricas para obtener información sistemática y contrastada de carácter teórico-experimental que les permitan un desarrollo autónomo en su formación educacional y profesional, a la vez que les suponga una mejora significativa en la adquisición de competencias específicas

Entre los puntos débiles se encuentra, especialmente, la falta de actividad docente práctica en el contexto del ámbito educativo de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato con anterioridad a la impartición de la asignatura objeto del presente proyecto. Otro punto débil ha sido la falta de financiación económica. Creemos que hubiera sido un estímulo adicional para los estudiantes el que se hubiera podido ofrecer alguna pequeña ayuda para fotocopias, encuadernación de sus Trabajos Fin de Master y la realización del preceptivo CD, así como la aportación de material para experiencias de cátedra que pudieran manipular ellos mismos.

Para subsanar el primero de los puntos débiles hemos aportado nuestro propio punto de vista como docentes de Grado, en particular basándonos en los primeros cursos, y, especialmente, con la experiencia previa de los estudiantes que trabajaban como profesores en colegios o dando clases particulares. En cuanto al segundo punto, y dada la falta de financiación, nos hemos centrado sobre todo en los recursos de libre acceso relacionados con las simulaciones de laboratorios virtuales.

Por último, señalamos que para facilitar la adquisición de material de utilidad relacionada con la asignatura que se imparte, como novedad este curso académico hemos abierto un espacio es Studium (<https://moodle.usal.es/course/view.php?id=19837>) destinado a servir como

repositorio. Consideramos éste como un punto fuerte adicional de la asignatura, si bien debe ser aumentado y mejorado en cursos posteriores.

Bibliografía.

Física y Química. Investigación, innovación y buenas prácticas. Aureli Caamaño (coord) y otros autores. Ed. GRAO. Vol. III. 2011.

Resumen de páginas web recomendadas:

textoscientificos.com/fisica/termodinamica/entropia-filosofia

sc.ehu.es/sbweb/fisica/

fq-experimentos.blogspot.com.es

ANEXO 1: Relación de algunos trabajos relevantes para el estudio en las revistas Journal of Chemical Education y American Journal of Physics.

JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION

- Lambert, Frank L: THE MISINTERPRETATION OF ENTROPY AS DISORDER; **89** (3) 310 (2012).
- Ben-Naim, Arieh Y: RESPONSE TO THE MISINTERPRETATION OF ENTROPY AS DISORDER; **89** (3) 311 (2012).
- Bindel, TH: TEACHING ENTROPY ANALYSIS IN TE FIRST-YEAR HIGH SCHOOL COURSE AND BEYOND; **81**(11), 1585-1594 (2004).
- Lechner, JH: VISUALIZING ENTROPY; **76**(10) 1382-1385 (1999).
- GILSON, DFR: ORDER AND DISORDER AND ENTROPIES OF FUSION; **69**(1)23-25 (1992).
- LOWE, JP: ENTROPY - CONCEPTUAL DISORDER; **65**(5) 403-406 (1988).
- RICHARDSON, WS: ENTROPY AND ITS RELATION TO WORK; **59**(8) 649-649 (1982).

AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS

- Bunn, Emory F: EVOLUTION AND THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS; **77**(10) 922 (2009).
- Klauber, Robert D: EVOLUTION AND EARTH'S ENTROPY; **77**(9) 773 (2009).
- Styer, Daniel F: ENTROPY AND EVOLUTION; **76**(11), 1031 (2008).
- Ambegaokar, V: Clerk, AA: ENTROPY AND TIME; **67**(12) 1068 (1999).
- Maecella TV: ENTROPY PRODUCTION AND THE 2ND LAW OF THERMODYNAMICS - AN INTRODUCTION TO 2ND LAW ANALYSIS; **60**(10) 888 (1992).
- Leff, HS; Jones, GL: IRREVERSIBILITY, ENTROPY PRODUCTION, AND THERMAL EFFICIENCY **43**(11) 973 (1975).