

LA ASTRONOMIA EN EL BACHILLERATO: DIFERENTES ENFOQUES

FERNANDEZ URIA, E., MORALES LAMUELA, M.J.

Catedrático de Física y Química
del INB «Luis Buñuel», de Zaragoza

Profesora de Física de la Universidad de Zaragoza

SUMMARY

In this article the authors defend the introduction of Astronomy into secondary education, given the cultural and educative richness of this science. Different teaching procedures are briefly analysed, among which the use of Astronomy as a source of questions and problems of didactic value is emphasized. Different examples are offered showing the variety of possibilities than can be explored by teachers.

1. ¿POR QUE LA ASTRONOMIA?

El objetivo del presente trabajo es el de proporcionar algunos indicios y de analizar brevemente una fuente de temas y problemas bastante dejada de lado en los ciclos secundarios.

Evidentemente, no está en nuestro ánimo la defensa de una mayor extensión de los programas, ya de por sí demasiado recargados. Existen, sin embargo, diferentes bloques o «centros de interés» (usando la vieja terminología didáctica) que pueden servir de guías o pautas en la organización de un curso o, cuando menos, de reservorio o cantera de cuestiones y de problemas de aplicación y análisis. La Astronomía es uno de los más ricos, dada la gran variedad de facetas que incluye. (Digamos, de pasada, que en el Reino Unido ya se han elaborado cursos enteros sobre temas tan heterogéneos como son «La Química del automóvil», «Ciencia aplicada al hogar», «Física y Química de la cocina» o «Ecología»).

Sirva de compendio la siguiente enumeración de posibilidades:

— Estudio de Historia de la Ciencia. Tanto la ciencia babilónica, como la griega y la renacentista, no se pueden entender sin hacer referencia a sus contribuciones en el campo de la Astronomía.

— Clarificación del uso de los modelos científicos. Ya es tópica la comparación entre los modelos tolemaico y copernicano. Haciendo una incursión dentro de nuestro siglo es bastante interesante y motivante la comparación de diferentes modelos cosmológicos y geofísicos (Katime, I.A., Pérez, J.A., 1980).

— Distinción entre leyes empírico-observacionales y modelos-teorías. El estudio de la incidencia de las le-

yes de Kepler sobre el modelo newtoniano es factible en el BUP; también lo es el análisis del papel jugado por las matemáticas en el proceso deductivo (Bernard Cohen, I., 1981).

— Enlaces interdisciplinares con la Filosofía; tanto en lo que se refiere a los dos puntos anteriores, como al análisis filosófico de conceptos tales como los del tiempo y el espacio (cosmología), determinismo y predicción (Laplace, descubrimiento de Neptuno, etc.) y otros muchos. Conviene, en relación con este punto, no trivializar o deformar, empujados quizás por el bajo nivel conceptual de los alumnos.

— Fecundación didáctica de diferentes partes de la Física y la Química mediante aplicaciones y problemas extraídos de los ámbitos de la Astrofísica, los vuelos espaciales, la medicina espacial, etc.

2. LAGUNAS CONCEPTUALES

Es de sobras conocida la profunda ignorancia de nuestros escolares (y no digamos nada de la del «hombre de la calle») acerca de conceptos básicos dentro del mundo de la Astronomía. En nuestra experiencia dentro del campo de la formación del profesorado hemos constatado que esta ignorancia es extensible a un gran porcentaje de nuestro docentes en los diferentes niveles.

Dado el relevante papel histórico que ha jugado la Astronomía dentro de la evolución de la Ciencia y dentro del paso gradual del pensamiento mítico-irracional al pensamiento objetivo; dado el interés intrínseco que tiene el conocimiento de nuestra situación dentro del Cosmos; y dado, finalmente, el gran esfuerzo contemporáneo por la exploración espacial (basta con considerar el volumen de artículos aparecidos en revistas de

divulgación tales como *Scientific American*), nos preocupa este nivel de ignorancia tan destacado.

Sirva como botón de muestra la siguiente enumeración de lagunas conceptuales:

— En el ámbito de los *aspectos histórico-filosóficos*:
¿En qué observaciones se basaron los griegos para diferenciar estrellas de planetas?

¿Qué relación hay entre la división del año en semanas de 7 días y la cuestión anterior?

¿Cabe achacar el rechazo de los modelos heliocéntricos solamente a causas de tipo religioso-metafísico?

— En el ámbito de la *metodología científica*:

¿Cómo llegó Copérnico a «saber» que la Tierra da vueltas alrededor de su propio eje?

¿Cómo se explican las fases de la Luna? (y las de Venus). Es curioso constatar que muchos alumnos de COU no tienen noción de este aspecto, a pesar del alto «nivel» de los programas de Física en el BUP y COU (que llegan a nociones tales como la de «conservación del momento angular en sistemas de partículas»).

¿Permite el estudio de las sombras solares de un gnomon o palito fijado verticalmente decidir entre los modelos geocéntricos y el heliocéntrico? (Rosado, L., 1976).

¿Cómo se puede medir el tamaño de la Luna conociendo previamente su distancia? ¿Cómo se puede medir esta distancia mediante un procedimiento de triangulación? (P.S.S.C., 1966).

¿Por qué la Luna nos presenta siempre la misma cara? (La respuesta no es, evidentemente, «que la Luna no gira», como apuntan muchos alumnos).

— En el ámbito de la *Cosmología* y de los *cálculos galácticos*

¿Cómo se ha llegado a «medir» el tamaño de nuestra Galaxia y a «contar» el número de las estrellas que la componen? (Asimov, 1978).

¿En qué observaciones se basa la Teoría del Big Bang? ¿Se puede llegar a predecir el futuro del Universo? (véase, por ejemplo, Gott, J.R. et al., 1976).

A nivel mucho más simple (aunque los alumnos tampoco tienen idea de esto): ¿Cuál es la distancia a la estrella más cercana? ¿Cómo se ha medido?

Consideramos que toda persona, medianamente informada, debería ser capaz de dar respuestas a las anteriores preguntas (que no son sino una breve muestra de un abanico mucho más amplio). Quizás entre los contenidos de Física y Química, así como los de Matemáticas, habría que reservar sitio a este campo. El cómo, o posibles cómo, los intentamos analizar en el apartado siguiente.

3. ALGUNOS ENFOQUES DIDACTICOS

Vamos a analizar brevemente cuatro enfoques alternativos, reservando el siguiente apartado para profundizar más en el cuarto de ellos, dentro de nuestra experiencia docente.

— El enfoque más radical consiste en reorganizar el curso entero de Física utilizando la Astronomía como *Centro de Interés*. Esto es algo insólito en España, pero no tanto en otros países. En España ya se ha llevado a cabo dentro del área de la Biofísica, que constituye el núcleo central de los cursos introductorios para carreras de tipo médico.

Dentro de este enfoque, se trataría de enseñar Cinemática, Dinámica, Energía, Calor, Física Nuclear, etc. centrándose en el análisis de problemas típicamente astronómicos. Por ejemplo, se calcularían velocidades de planetas, aceleraciones centripetas de satélites, emisión energética de estrellas, geotermia, etc.

El problema fundamental de este enfoque radica en la falta de libros y materiales que se pudieran utilizar directamente. El profesor se ve necesariamente abocado a convertirse en un «especialista en Astronomía», elaborador de sus propios textos y apuntes. Además, habría que salvar el fuerte obstáculo que constituye la tradición enciclopedista española en el mundo de la enseñanza. Siempre se ha visto con malos ojos todo planteamiento que se salga de la tónica consistente en «enseñar toda la Física y toda la Química». Se considera que una persona «bien formada» es aquella que ha estudiado de todo, y que el «saber un poco de todo» (mal sabido, claro) constituye la nota más deseable de una persona «ilustrada».

— Un segundo enfoque, menos radical, consistiría en incluir un *tema específico* de Astronomía dentro del programa, tema en el que se aplicarían conceptos extraídos del resto de la asignatura. Así lo hace, por ejemplo, Enric Rogers en su conocido libro «*Physics for the Inquiring Mind*» (Rogers, E., 1977), aunque sin llegar a la problemática astronómica de los siglos XIX y XX. El problema con este enfoque radica en la sobrecarga de programas ya existente, cosa que ya apuntamos anteriormente.

Si se organiza la asignatura adecuadamente, sin embargo, esta situación se hace más factible. Se podría, por ejemplo, programar un bloque de temas básicos, en el que se analizarían y explicarían los conceptos fundamentales de la Física y la Química, y se dejaría la Astronomía para abordarla dentro de un posible bloque de «temas optativos» (así lo hemos hecho nosotros en alguna ocasión). El interés de los «temas optativos» consiste en que abren la posibilidad de utilizar los conocimientos básicos para el análisis de realidades de tipo conceptual o tecnológico (estudio del automóvil, de sistemas de conversión energética, etc). La ventaja de este enfoque radica también en que pueden ser los propios alumnos, en grupos de trabajo, los que consulten fuentes, elaboren materiales, presenten informes y analicen problemas.

— Un tercer enfoque sería el *interdisciplinar*. Mediante una programación conjunta con el profesorado de Matemáticas, Filosofía y otras materias se podría abordar el estudio de determinados temas de la Astrono-

mía desde diferentes puntos de vista. La dificultad principal, como todo el mundo sabe, radica en la inercia de los docentes a salirse de sus formas habituales de enseñanza, de los contenidos estereotipados y de los enfoques clásicos.

Muchos aspectos podrían abordarse en las clases de matemáticas. Así:

Métodos de medida de distancias mediante sistemas de triangulación

Disminución del brillo de las estrellas con la distancia

Cálculo de errores

Respecto a las clases de Filosofía, una programación conjunta de los temas relativos a los modelos astronómicos y la metodología científica sería muy fecunda.

— Un cuarto enfoque, que analizamos seguidamente con más detalle, consistiría en hacer uso de la Astronomía como *fuentes* de problemas y cuestiones de utilidad para el desarrollo de las diferentes partes de un curso de Física y Química.

4. LA ASTRONOMÍA COMO FUENTE DE PROBLEMAS Y CUESTIONES

Prácticamente todas las partes de un curso de Física y Química o de Física General se pueden beneficiar de la utilización de la Astronomía. No se trataría, en este caso, de dedicar tiempo a desarrollar un tema específico de Astronomía, sino de introducir aspectos astronómicos en los diferentes temas del curso. Se matarían dos pájaros de esta manera: por una parte se daría cabida a este mundo de tanta riqueza conceptual y de saberes y, por otra, se brindarían contextos en los que aplicar conceptos y métodos de cálculo.

Unos pocos ejemplos de problemas que hemos utilizado en nuestras clases de Física pueden servir de ilustración:

— EL Pionner X se mueve a 15 km/s. Calcular el tiempo que le costaría llegar a Aldebarán (70 años-luz).

— Calcular el grosor de un cable de acero que, sustituyendo a la acción atractiva del Sol, pudiese mantener a la Tierra en su órbita.

— Describir tres modos de vaciar un vaso de agua en una nave espacial en zona de gravedad cero (o en zona de aparente ingravidez).

— Se pesa en la Tierra un cuerpo mediante un dinamómetro y mediante una balanza de platillos. Después, se lleva todo este material a la Luna. ¿Qué diferencias se obtendrán en los resultados?

— ¿Cómo se ha calculado la masa del Sol?

— ¿Por qué aumenta el radio de la órbita de la Luna con el tiempo?

— Si la constante solar es de 1,4 kw/m² (densidad de energía solar que llega a la Tierra), estimar el total de la potencia emitida por el Sol.

— ¿Por qué los radiotelescopios llegan a tener diámetros de 80 m o más, mediante el establecimiento de grupos o «arrays»?

— ¿Qué ángulo subtende el planeta Venus con el ojo de su observador terrestre? ¿Se ve como disco o como estrella?

— El vuelo lunar de la misión Apolo utilizó en el módulo tres pilas de combustible de 1,4 kw, basadas en la combinación del O₂ y el H₂. Demostrar que se producen 680 g de agua a la hora.

— Comparar la energía emitida por una estrella de rayos X con la emitida por nuestro Sol en todo el espectro.

Por supuesto que hay muchas más fuentes de problemas que la constituida por la Astronomía. Uno de los defectos clásicos de nuestros libros de texto radica en que la mayoría de los problemas propuestos para su resolución son teóricos, académicos e «inventados». Consideramos mucho más motivante y, por lo tanto, mucho más formativo el desarrollo de problemas relacionados con fenómenos reales, sean éstos tecnológicos o de otra índole. De esta manera se puede transmitir una imagen de la Ciencia más acorde con su función, y se evitaría la excesiva proliferación de «ejercicios mentales».

5. OBSERVACIONES FINALES

En nuestra experiencia, hemos podido constatar de manera amplia la motivación del alumnado en lo que se refiere a los aspectos astronómicos, astrofísicos y cosmológicos. Aunque sólo fuera por esto, valdría la pena su inclusión dentro del curriculum escolar.

Por otra parte, el salto desde la física «terrestre» a la física «galáctica» abre horizontes muy interesantes. Muchas veces, quizás sin ser nosotros totalmente conscientes de ello, nos ceñimos en el aula al estudio de situaciones excesivamente cotidianas (en el mejor de los casos). No conviene, sin embargo, olvidar la dimensión «cosmológica» del hombre, la problemática de su ubicación espacio-temporal.

Basta observar la expresión de asombro de muchos alumnos al calcular distancias astronómicas para percibirnos de lo restringido de sus puntos de vista habituales. La posibilidad de aplicar la Física a la explicación de fenómenos cósmicos permite vislumbrar la vocación totalizadora de la ciencia. Por otra parte, sus deficiencias en este empeño nos ponen de manifiesto las limitaciones del hombre en su afán por conocer y explicarse el mundo. Tanto una faceta como la otra forman parte de la naturaleza de la ciencia.

Dentro del ámbito de la motivación y de la aclaración de conceptos cabe destacar el papel de los modelos mecánicos y de los modelos a escala (en lo que se refiere al estudio del sistema solar y del movimiento de la Tierra). Modelos basados en el uso de esferas, lámparas, sistemas de proyección (como los planetarios), etc., así como los medios audiovisuales pueden ser un excelente complemento para las clases. El análisis detallado de todos aspectos, sin embargo, se sale de los límites restringidos de este breve artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASIMOV, I., 1978, *El Universo*, (Alianza Editorial).

BERNARD COHEN, I., 1981, *The Newtonian Revolution*.
(Cambridge University Press, Cambridge).

GOTT, J.R. et al., oct. 1976, ¿Expansión indefinida del Universo?, en *Investigación y Ciencia*.

KATIME, I.A., PEREZ, J.A., 1980, *A la búsqueda del in-*

finito, (Ed. Alhambra).

P.S.S.C. 2ª Edición. Ed. Reverté, 1966.

ROGERS, E., 1977, *Physics for the Inquiring Mind*, (Princeton Univ. Press., Princeton).

ROSADO, L., 1976, *La formulación de los modelos científicos*, (UNED, Serie Ciencias de la Naturaleza II).