

Deficiencias en los conocimientos de la física al llegar a la Universidad

ANTES de comenzar a enumerar y co-

Francisco Jaque Rechea

mentar las deficiencias o lagunas que el estudiante medio tiene en la especialidad de Física, cuando llega a la Universidad, me gustaría hacer algunos comentarios, reflexiones o ese buen ejercicio que es pensar en alto. Reflexiones sobre la Física y la problemática que alrededor de ella se plantea a nivel educativo cuando se explica tanto en BUP como en el primer ciclo de la Universidad.

En primer lugar, comentar y reconocer lo difícil que es entender muchos, o casi todos, o todos los conceptos que aparecen en la Física. ¿En verdad creemos que un alumno de 14 ó 16 años, el primer día que le contamos o explicamos, por ejemplo, la atracción entre masas, lo entiende, lo asimila? Como va a ser así, si después de muchos años de estudio de la Física ni nosotros mismos somos capaces de entender por qué dos masas se atraen y cuál es el puente de unión entre ellas para que exista esa atracción. Y esto en algo tan palpable como que hay atracción entre masas.

En otras áreas en donde la Física es más complicada de «ver» y entender, lo que explicamos puede ser todavía más difícil de comprender. Sin embargo a veces, como algo trivial, les decimos a los alumnos con toda la naturalidad, que la luz unas

veces es onda o se comporta como tal y otras, que es un cor-

púsculo con el galáctico nombre de Fotón. Esto lo hacemos en el segundo año de BUP.

La Humanidad tardó, por no alargar la escala mucho, desde Newton hasta L. de Broglie, unos 200 años, en plantear la cuestión y entenderla y queremos que nuestros estudiantes lo hagan en unas semanas. Para entenderlo un poco, no en su totalidad, hay que haber hecho el viaje desde las interferencias y difracción de la luz, hasta la difracción de partículas, pasando por el bonito paisaje de posibilidades que aporta el efecto fotoeléctrico. Y esto lo hacemos, lo decimos con toda naturalidad a personas que nunca han oído hablar de estas cosas. ¿Con qué idea lo decimos? ¿Con la idea de que hay que ir regando el árbol? ¿Qué la Física necesita mucho tiempo para que crezca en nuestro cerebro y así poderla asimilar? ¿Con la idea de que sólo a través de un aprendizaje, del paso a paso continuado, se puede, pero con mucho trabajo y constancia, llegar a un cierto nivel de comprensión? Bien, en este camino sí, pero no pidamos que lo hayan entendido, quizás solo en una mínima parte sea bastante.

Algunas veces no nos damos cuenta de esta dificultad de la que hablamos, así, por ejemplo, en un libro de Segundo de BUP se da la definición de

Candela, en donde hay que saber que es «una radiación monocromática», concepto este muy lejos de lo que ellos pueden entender en una pequeñísima parte.

Una vez terminada esta pequeña reflexión sobre la dificultad que tiene la Física para llegar a un entendimiento algo profundo, pasaremos a presentar, en opinión de varios profesores que han impartido o imparten la asignatura de primer curso de Físicas, cuales son las deficiencias más comunes que encontramos en los alumnos que llegan a la Universidad y que tampoco somos nosotros, a decir verdad, capaces de eliminar en muchos casos.

Empezamos por una que no es debida en sí a esta disciplina, pues quizás es un defecto general: la no homogeneidad del alumnado en su nivel de conocimiento y en el de recepción de la asignatura. Aspecto este que se ve agravado por el hecho de que un número de alumnos significativo no ha elegido Físicas como primera opción en su preinscripción. No es que creamos en LA VOCACIÓN así con mayúsculas, más cuando los años pasan y quizás a muchos de nosotros, que creíamos tener una vocación de Físicos, hoy nos gustan más o nos atraen con más intensidad aspectos o disciplinas que en la juventud casi llegamos a odiar. Vocación con mayúsculas no, pero aptitud, gusto o buena predisposición por la disciplina escogida sí. Con los años uno ve experimentalmente que no siempre el alumno con expediente más brillante es luego el mejor en el trabajo, en la investigación, en la docencia o en la empresa. El entusiasmo, la creatividad, el empuje suplen con mucho las deficiencias técnicas. En un año de mundiales podemos citar como un Zarra, un Campanal, un Pirri, son recordados más que muchos de los llamados jugadores técnicos; no tenían mucha clase pero sí mucho entusiasmo. Claro que

es mejor unir este entusiasmo y creatividad a una gran inteligencia, pero nuestra tarea tanto en la Escuela como en la Universidad es enseñar y formar jóvenes, profesionales e investigadores no hacer Maradonas y premios Nobeles, eso sí, si llegan, a nadie le amarga un dulce.

Entrando ya en materia objeto de esta ponencia y sin orden de importancia en la secuencia de presentar las deficiencias más notables, empezaremos por una en la que coincidimos todos: el DESPITE por no decir ignorancia de los órdenes de magnitud de los fenómenos que explicamos. No es un asunto sólo de la Física sino que abarca otras disciplinas, aunque se hace más patente en esta. Es frecuente preguntar cuál crees que es la corriente que pasa por el filamento de la bombilla de una linterna, un Amperio, 0.01 ó 10, y no hay contestación, porque nunca se lo han planteado. ¿Un segundo es un tiempo largo o corto? ¿Cómo es de pequeño un Átomo en Relación a la Tierra? ¿En qué situaciones y para qué fenómenos es un segundo un tiempo larguísimo y un milímetro una distancia enorme, insalvable? Decir, para cada efecto o fenómeno, cuáles son los valores máximos y mínimos así como los más comunes en la vida normal es importante, es ir centrando y presentando el problema. Esta deficiencia no es sólo de BUP, en una ocasión en el último año de carrera pregunté cuál era el orden de magnitud de la velocidad de los electrones en el Televisor de casa al chocar en la pantalla para producir la luminiscencia, aparato el TV muy visto y conocido, y nadie dio ese orden de magnitud, nadie se había planteado pensar en ello. La Física tiene su sentido de ser o está hecha para intentar dar una explicación de los fenómenos que rigen la Naturaleza, que como decíamos antes son muy difíciles de comprender en su profundidad, así que hay que empezar por conocerlos, que nos

los presenten que sepamos su poder, su tamaño, en que entorno viven, que con el tiempo y mucho trato y esfuerzo los entenderemos, algo parecido a lo que ocurre con las personas.

Decir aquí, siguiendo el texto antes referido, que sí se tiene la intención o la voluntad de tratar esta idea. Así en las primeras páginas del libro se dan valores de distancias desde el radio de un átomo hasta el del universo. Desgraciadamente no se vuelve a esta idea en el resto del texto.

Esta falta de conocimiento de las magnitudes, es también una consecuencia de no relacionar lo que estudian en clase con aspectos de la vida cotidiana. Casi todo lo que se explica puede y debe tener un ejemplo, desde conocer la velocidad de un avión comercial, la del medalla de oro en los 100 m, por qué una técnica y otra en el salto de altura y su relación con el concepto de centro de gravedad, la presión y el Tiempo atmosférico, como corrientes eléctricas pequeñas producen campos magnéticos que desvían la brújula y son por tanto del orden del Campo Magnético Terrestre, etc. No queremos decir que esto ocupe toda la explicación, sino no olvidar que la Física nos rodea para bien, algunas veces para mal, que le vamos a hacer.

En este aspecto creo que sería interesante alimentar también la ilusión del profesor, aspecto este que pasa por una reducción de número de clases semanales.

Si una imagen vale más que mil palabras, un experimento puede valer también más que mil fórmulas en la pizarra. Se observa que los alumnos llegan con una enorme deficiencia experimental. No hacer trabajos manuales no es bueno y menos en esta disciplina. La Física hay que verla para entenderla con mayor facilidad. Pero no sólo por eso, sino también porque aprendemos en el laboratorio a

arrancar los secretos a la Naturaleza. Secretos que está deseando desvelarle al joven estudiante y que éste puede vislumbrar con experiencias muy sencillas. Hay mil maneras de medir bien *g* o de comprobar la conservación de la cantidad de movimiento y de la energía con cuatro monedas de cinco pesetas o la ley de Ohm con pilas, hilos y antiguos amperímetros y voltímetros. El trabajo en el laboratorio además de facilitar el entendimiento de los conceptos nos enseña a medir, a familiarizarnos con los valores, con las unidades y muy especialmente a *representar y saber leer las gráficas*. Esto será muy importante durante toda la enseñanza de la Física, para su entendimiento, y su impacto no termina con la licenciatura. En el trabajo profesional, y en especial el científico, la representación de los datos es crítica. Cuantos trabajos en revistas de difusión Internacional son difíciles de entender, incluso se hacen odiosos, por unas malas figuras, por una inadecuada elección de las unidades de los ejes.

Durante el trabajo en el laboratorio es un buen momento para hacer énfasis en las unidades, otro caballo de batalla en el aprendizaje de la Física y otra gran laguna. Por mucho que se diga en la clase de pizarra, sólo se asienta el no olvidarse de las unidades cuando uno se encuentra frente al experimento.

Conceptos claros. He oído esto de varios de mis compañeros estos días: ¡No tienen los conceptos claros! ¡Claro que no!, es imposible por la dificultad que tiene la Física. Sería magnífico que ocurriera lo contrario, que los alumnos llegasen con la idea muy clara de lo que es un campo de fuerzas conservativo o una función de Estado. Otra cosa es preguntarse si el nivel que tiene de entendimiento de los conceptos es el esperado. Aquí les daría la razón a mis colegas pues quizás no lo es. ¿Por qué y

cuáles pueden ser las causas de esta deficiencia? Es difícil en este punto tener las ideas claras. Como hemos dicho la comprensión de los conceptos, es difícil y lleva mucho tiempo, por eso no deben ser muchos los lanzados al alumno, porque igual no coge ninguno. En mi opinión son muchos los conceptos, o dicho de otra forma, los programas son muy amplios y con demasiado contenido, deben reducirse y así poder madurar más sobre las ideas más fundamentales. Pues no hay duda que un concepto mal interpretado o mal aprendido es muchísimo peor que la ignorancia del mismo. Más adelante se podrá conocer, sin necesidad de tener que borrar lo mal aprendido, pues siempre al hacerlo algo queda manchado, al no ser, por suerte, los alumnos computadoras y disponer de la tecla «Delete».

De la dificultad de los conceptos y del cuidado que hay que tener al introducirlos pondremos otro ejemplo del libro escogido (escogido al azar). Se dice en él, y además encuadrado, lo siguiente: «Newton llama movimiento uniforme absoluto al movimiento referido a un sistema inercial, y un movimiento relativo al que esta referido a un sistema no inercial». La verdad es que no sé si Newton dijo esto o no, pues no es tiempo de ir a leer todos sus tratados, da igual, está fuera de contexto y confunde totalmente, pues su ley $F=ma$ sólo es válida para los sistemas *inerciales*. Así, no es de extrañar que luego se tenga el concepto tan equivocado de las mal llamadas Fuerzas de Inercia.

¿Cuáles son entonces los temas o disciplinas a tratar en cada curso de BUP y COU en la enseñanza de la Física? Es difícil contestar a esta pregunta, pero aunque con miedo, voy al final de estas páginas a lanzarme al ruedo. En Física las ideas o conceptos no son muchos y aparecen todos ellos, o casi todos, en todas sus disciplinas o temas, así que se podía

pensar que no importa la cantidad de materia, en este sentido, que se imparta. Los conceptos son los mismos, pero mucha materia o excesiva materia puede dar lugar a que los árboles no dejen ver el bosque. Finalmente, en este punto comentar que se debe intentar relacionar los conceptos entre ellos, en lo que sea posible.

La herramienta en Física, una vez realizada la observación, es la Matemática. Es una herramienta, sí, pero que lleva dentro de sí una interpretación, un porqué. Los conceptos de derivada e integral, importantes en COU, no llegan nada fluidos y sería bueno profundizar en ellos. Hay que hacerlo con cuidado para no caer en una enseñanza matemática de la Física que sería tremenda a estos niveles. Debemos ser sinceros los profesores y decir que en muchas ocasiones nos metemos en el bosque de las Matemáticas, nos amparamos en ella, porque sencillamente no entendemos la Física. Aquí, como en todo en esta vida, hay que llegar al difícil compromiso de conseguir el equilibrio estable.

Algunas lagunas en áreas como, por ejemplo, el Magnetismo, pueden solucionarse con una reducción de los contenidos en el conjunto de BUP y COU.

Durante los muchos años de Coordinador de COU por la Universidad Autónoma de Madrid, tuve la oportunidad de intercambiar ideas con muchos profesores de Bachillerato, y comentar lo denso de los programas de Física. Así fuimos podando el que era de nuestra responsabilidad, dejándolo reducido a Mecánica, Electricidad y Magnetismo. Dentro de la Mecánica fuimos poco a poco y con miedo quitando materias que podían distraer, de lo que era más fundamental. Así desaparecieron los temas *Sólido Rígido, Momentos de Inercia, Teoremas de Steiner, etc.*, dejando la Mecánica reducida a masas puntuales y pudiendo así hacer mayor esfuerzo en pro-

fundizar sobre las leyes de Newton, movimientos, teoremas de conservación, donde al aparecer la del momento angular daba pie a describir, con una herramienta fácil, las Fuerzas Centrales y el movimiento de los Planetas. Siempre con partículas puntuales, pues para los conceptos fundamentales, el sólido Rígido no es muy importante. Se tratará el sistema de dos partículas, pues tres es muchedumbre que no deja ver lo fundamental.

Sí tratáramos el oscilador armónico, en estrecha relación con el Laboratorio, pues su importancia en el tratamiento de la Física es enorme. ¡Cuántos modelos actuales queden al final, si el científico es sincero, reducidos a un Oscilador Armónico!

La electrostática nos pone en línea para presentarles otro campo de fuerzas, el de las cargas, que es formalmente igual al Gravitatorio. Igual en su forma pero con distinta Intensidad. El estudio paralelo de Fuerzas, Intensidad, Trabajo en estos campos conservatorios, Trayectorias, etc. es la antesala a lo que son los Campos Unificados. La corriente eléctrica, la ley de Ohm y circuitos de sólo una malla terminarían este apartado con una explicación de los condensadores.

Introducir los campos Magnéticos por sus efectos sobre las cargas en movimiento puede ser un buen camino. Preguntarse quién los produce: las corrientes. ¡Que fácil e instructivo es ver este efecto en el Laboratorio, al tiempo que permite presentar su expresión matemática y aplicarlo a corrientes indefinidas, hilos y a espiras! Pero no nos ocupemos del desarrollo matemático, sí, por ejemplo, de qué pasa cuando las espiras son pequeñas, o muy pequeñas, o pequenísimas, o sea, átomos. Éste es un tiempo mejor gastado que el dedicado a la demostración del Campo Magnético creado por un conductor rectilíneo o indefinido.

Después preguntarse si los campos magnéticos pueden producir las corrientes: Ley de Inducción Electromagnética, también de fácil presentación en clase. Relacionarla con fuerzas sobre las cargas y con la variación de flujo, podía ser un buen final con la osadía de comentar que estos campos viajan se propagan y que la luz es una parte de ellos.

Ésta sería la base o los conocimientos que deberían verse. Los laboratorios, además de ayudar para afianzar los conceptos contenidos en el llamémosle programa, podían también servir, sólo a título experimental, para así ver, medir y estudiar algunas disciplinas como Fluidos y Óptica. Ambas aparecen en un extensísimo programa en Segundo de BUP. Programa que incluye Fluidos, Termodinámica, Ondas, Óptica.

En esta última parte y para hacer más hincapié sobre la necesidad de cuidar los conceptos y no dar muchos, máxime si se dan mal, acudimos de nuevo, al libro de texto. Allí se dice, también encuadrado para dar más fuerza, que «La luz es un ente onda corpúsculo que se propaga como un movimiento ondulatorio, vibrando en la dirección de los infinitos planos que pasan por su eje; este eje es su dirección de propagación». La verdad que si lo entiende un alumno de Segundo de BUP, y distingue lo que es correcto de lo que no, yo le daba por aprobado, que digo, un sobresaliente en segundo de Licenciatura.

Terminar diciendo, que al igual que se ha introducido un nuevo primer capítulo en el programa de COU (informativo como yo lo entiendo), seminarios con idea de presentar aspectos actuales de la Ciencia y Tecnología deberían ser contemplados, sean dados por los profesores del Centro como por conferenciantes invitados. Temas actuales de interés general, sin la presión de exámenes, pueden tener el

efecto de incentivar, animar, de fomentar la creatividad de los alumnos.

Quede finalmente claro, como decía al comienzo que lo que aquí he hecho son reflexiones, co-

mentarios, ese hablar en alto, todo ello lejísimo de ser dogmático. Otras ideas seguro que serán mejores y yo desde luego las aceptaría y llevaría a la práctica.

Resumen

La comprensión de conceptos físicos entraña una gran dificultad. Tras analizar las deficiencias en conocimientos de Física de la que adolecen los alumnos cuando llegan a la Universidad, se propone reducir los programas de la asignatura en la Enseñanza Secundaria, para profundizar en el aprendizaje de los conceptos fundamentales. Además se defiende la necesidad de completar la formación de los alumnos mediante seminarios y conferencias que mejoren su cultura científica y tecnológica.

Palabras clave: Enseñanza de la física, contenidos, conceptos, programas.

Abstract

Understanding Physical Science concepts is extremely difficult. After analyzing the deficiencies in Physics which students have when they start university studies, there is a proposal to shorten the programme of study of physics in Secondary Education in order to enable pupils to study basic concepts in depth. It is also necessary to back up pupils' learning with seminars and lectures which will surely improve their scientific and technological culture.

Key words: Teaching Physics, contents, concepts, programmes of study.

Francisco Jaque Rechea
Dpto. de Física
Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Madrid
Ciudad Universitaria de Cantoblanco
28049 MADRID