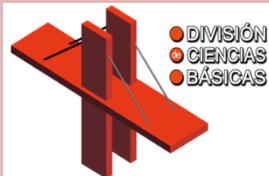


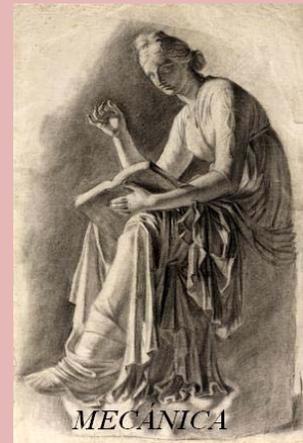
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



COORDINACIÓN DE CIENCIAS APLICADAS

BOLETÍN

SEPTIEMBRE 2012
SEMESTRE 2013-1



Nueva época, No. 14

ENSEÑANZA DE TEMAS DE MECÁNICA

Juan Ocáriz Castelazo. Profesor de asignatura B definitivo
juanocarizc@gmail.com

MUY INTERESANTE, PERO DUELE

Durante la última semana de julio, veinte profesores de Mecánica clásica tuvimos un seminario cuyo objetivo era mejorar nuestros métodos de enseñanza, compartiendo experiencias acerca de la forma de exponer distintos temas de las asignaturas de Estática y de Cinemática y Dinámica. El seminario inició con una conferencia acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la Física, dictada por el Dr. Juan Estrada Medina. El seminario se desarrolló de la siguiente manera: dos profesores exponían el mismo tema, un tema de clase, tal como se presenta a los alumnos, y a continuación los participantes presentaban sus observaciones a las exposiciones. Diez fueron los temas de las asignaturas sobre los que se dieron las clases simuladas. El seminario concluyó con una conferencia a mi cargo en la que expuse algunas ideas personales acerca del entorno en que debería explicarse la Mecánica

Como la experiencia fue muy rica, he querido recapitular sucintamente los puntos más relevantes que los participantes observaron durante los seis días de exposiciones, tanto positivos como negativos, que promoviendo o evitando, respectivamente, nos podrían servir para nuestra práctica docente. También resumiré las ideas de las conferencias inicial y final, tanto para que los que participamos en el seminario las recordemos, cuanto para que puedan resultar útiles a los demás profesores. El cuarto día, lo menciono para que se tenga una idea más completa del seminario, proyectamos y discutimos la película *The Paper Chase*, cuyos protagonistas son un estudiante, Hart, y un profesor, Kingsfield, del primer año de Derecho en la Universidad de Harvard.

Exponer un tema delante de los colegas no es tarea fácil. Los profesores estamos acostumbrados a un público dócil, de mentes en preparación. En este seminario hemos arrojado el riesgo de sufrir los cuestionamientos, siempre muy aprovechables, de otros profesores expertos. Valió la pena, pues se logró que el seminario fuera muy interesante, pero un tanto doloroso.

EL PROFESOR NO NACE, SE HACE

La tarea docente en la Facultad de Ingeniería exige de los profesores un serio conocimiento de los contenidos de las asignaturas, generalmente difíciles y complejos, junto con las capacidades didácticas para

lograr que los alumnos aprendan esos contenidos, y con la calidad personal que facilite a los estudiantes apreciar los valores inherentes no sólo a la vida universitaria, sino sobre todo al desempeño profesional.

El dominio de los temas de las asignaturas debe poseerse en un nivel más amplio y más profundo del que se pretende que alcancen los alumnos, de modo que lo que se enseñe pueda sustentarse y enmarcarse debidamente, también en relación a las demás asignaturas que cursan los estudiantes.

Como enseñar no consiste simplemente en repetir o expresar unas ideas, ni en explicar sin más un procedimiento, el profesor ha de entender cómo se puede lograr que los alumnos asimilen unos contenidos. Y ha de tener muy claros uno objetivos educativos.

Dar clase no es una técnica solamente. No existe una clase ideal. Dar clase se parece más a un arte que, aunque pueda tener unos fundamentos teóricos, se aprende con la práctica y se perfecciona continuamente con el ejercicio y la reflexión. Es exigencia irrenunciable conseguir una continua mejora en esta tarea; por ello los profesores nos reunimos en este seminario. No se mejora repitiendo simplemente año tras año el mismo curso, sino reflexionando sobre ello y cambiando poco a poco. Ser buen profesor es una tarea que lleva tiempo.

AXIOMATA SIVE LEGES MOTUS

Las asignaturas que se imparten en la División de Ciencias Básicas son fragmentos de disciplinas generalmente muy amplias. Estática y Cinemática y Dinámica, que son las únicas de Mecánica teórica que se imparten en la Facultad, pertenecen al campo de la Física. Esta ciencia ha sido cultivada desde los tiempos de los griegos clásicos y formaba parte de la filosofía.

Por ciencia, tanto los filósofos griegos como Newton, entienden que es un conocimiento cierto por causas. La palabra deriva del latín *scire=saber*. La certeza de ese conocimiento equivale a la seguridad con que un sujeto lo posee. Y que sea por causas, implica que se trata de explicar el por qué de lo que se conoce: no es simplemente una información descriptiva de un fenómeno, sino el conocimiento de aquello que lo genera.

Los seres y los acontecimientos siempre se producen por una serie de causas encadenadas. Hay causas primeras (o remotas) y causas últimas (o próximas). La filosofía se ocupa sobre todo de las causas primeras. Por eso, en el caso de la Mecánica, los filósofos griegos estudiaron conceptos tales como el



del motor inmóvil, el de la causa incausada y el de el ser ilimitado. En cambio, la Mecánica de Newton es una ciencia experimental preocupada por las causas próximas del movimiento de los cuerpos, que son las fuerzas.

Además, las ciencias deductivas, como la Mecánica clásica, parten de algunos pocos principios, que es imprescindible conocer. Esos principios, que simplemente se aceptan como verdaderos, ya que no pueden demostrarse, producen distintas ciencias. La filosofía aristotélica, por ejemplo, parte de principios como el de identidad, de no contradicción y de razón suficiente; la geometría euclidiana, de los cinco postulados que conocemos. Pero si otro geómetra se apoya en otros principios, llega a una geometría diferente: tal es el caso de las no euclidianas. Con la filosofía ocurre lo mismo: Kant, por ejemplo, tomó como principio de su filosofía la veracidad de la ciencia. Einstein, volviendo a la Mecánica, parte de principios distintos de los de Newton, y produce la Mecánica relativista. Los principios de las ciencias reciben distintos nombres: leyes, axiomas, postulados, etc.

La Mecánica que nos ocupa, la clásica o newtoniana, tiene como principios la tres leyes de Newton: en su obra *Principia mathematica philosophiae naturalis* las llama *axiomata sive leges motus* (axiomas o leyes del movimiento). Todo lo que se afirme acerca del movimiento y de sus causas debe deducirse de estas tres leyes.

Una observación: después de enunciar y explicar sus tres leyes, Newton propone varios corolarios. En el primero afirma: *Un cuerpo afectado simultáneamente por dos fuerzas describirá la diagonal de un paralelogramo en el mismo tiempo en que describiría los lados de ser afectado separadamente por esas fuerzas.*

A mi juicio, este corolario no se desprende inmediatamente de ninguna de las tres leyes; por lo que considero que el principio de Stevin o ley del paralelogramo constituye un cuarto principio de la Mecánica clásica.

Diversos autores de textos de Mecánica, descuidadamente, dan el nombre de principio a cualquier nuevo método que emplean: principio del trabajo y la energía, del impulso y la cantidad de movimiento, del equilibrio de dos fuerzas, etc. Pero de ningún modo se trata de principios, puesto que son deducciones obtenidas a partir de las leyes de Newton. Llamar con un nombre que no corresponde a una realidad no es un asunto trivial, menos cuando se trata de enseñar a los jóvenes alumnos. Las ideas o conceptos (verbos mentales) se expresan mediante palabras, las cuales no son arbitrarias. Nombrar un objeto significa señalar su propia naturaleza.

Los profesores debemos estar atentos al uso un vocabulario correcto y exigir que los alumnos también lo empleen. Sin perder de vista que hay un lenguaje coloquial que se utiliza en las relaciones cotidianas, en el aula muchas palabras adquieren un cariz técnico preciso que es necesario señalar. Por ejemplo, un observador cualquiera puede decir “esos dos automóviles corren a la misma velocidad”, aun cuando uno se dirija hacia el norte y otro hacia el sur. En una clase de Dinámica, las velocidades de esos dos vehículos son diferentes, pues se trata de cantidades vectoriales: tienen la misma magnitud (la misma rapidez), pero direcciones contrarias. Desde luego, no se trata de volver locos a los alumnos exigiéndoles que fuera del aula manejen un lenguaje técnico y nieguen que los automóviles tengan velocímetro y que sólo posean un rapidímetro.

En íntima relación con el vocabulario se encuentra el problema de las definiciones. Definir quiere decir poner límites. Se conoce un ente cuando se conoce su definición. En el caso de los seres reales, la definición debe incluir el género próximo y la diferencia específica. Para los entes matemáticos, en cambio, basta una explicación que puede presentarse con símbolos matemáticos.

AYUNTAMIENTO DE MAESTROS Y ESCOLARES

Junto a una concepción más o menos amplia de lo que es una ciencia y sus implicaciones, es importante que la labor docente esté también enmarcada o fundamentada en sólidas ideas acerca de la educación en general, y de la formación de los ingenieros en particular.

Quizá nadie ponga en duda que la educación consista en llevar al alumno a la actualización de todas sus capacidades. Es decir, que no sólo se debe atender al aspecto intelectual, sino también a la adquisición de hábitos, de valores, de cultura, de autodominio, etc. Y es conveniente considerar que nos hallamos en la Universidad, cuyos objetivos son también muy amplios. Alfonso X el sabio definió la Universidad como el “ayuntamiento de maestros y escolares con voluntad y entendimiento de aprender los saberes”. Y el actual Rector de la UNAM, en su primer discurso de bienvenida a los alumnos, afirmó que “el universitario produce a partir de la libre discusión de las ideas, porque éste es el mecanismo idóneo para enseñar, aprender e investigar, para difundir y acceder a la cultura y, sobre todo, para no desviar el rumbo en la búsqueda de la verdad.”

Tales concepciones, en las que el docente se ve tan involucrado, son diametralmente opuestas a la mentalidad que pretende que a los alumnos haya que prepararlos para conseguir un empleo. Hart, el protagonista de la película, oye decir repetidamente a sus compañeros: “las buenas calificaciones te permitirán conseguir un buen empleo y con él un buen sueldo”. La Facultad no es tampoco una escuela técnica, los estudiantes no vienen a encontrar soluciones a problemas concretos ni a aprender a utilizar tornos, calculadoras o computadoras. Vienen a formarse para el cambio, cambio que no conocemos; a ser capaces de generar la maquinaria y los instrumentos del futuro: no vienen a aprender a seguir reglas, tienen que crear las suyas propias.



La ambiciosa aventura en que están inmersos nuestros alumnos no se agota en la simple asistencia a clases. Éstas son importantes, pero el alumno tiene que participar en otras actividades universitarias, practicar algún deporte, cultivar sus aficiones, relacionarse con

sus compañeros y profesores, etc., etc.

El profesor Kingsfield les decía a sus alumnos en la película que en su curso les haría una cirugía mental; que ahora tenían la cabeza confusa, pero él les enseñaría a pensar como abogados. Nosotros tenemos que lograr que los alumnos lleguen a pensar como ingenieros.

PRIMERO LA IDEA, LUEGO EL NOMBRE

Aunque dijimos arriba que no hay una técnica única para dar clases, hay, sin embargo, algunos elementos que generalmente deben emplearse. Independientemente de la metodología utilizada por el profesor, como cada sesión está ligada a las demás, pues los cursos consisten en desarrollar una disciplina, es importante comenzar trayendo a la memoria de los alumnos los conceptos que se estudiaron en la clase anterior. Esto se puede conseguir bien mediante preguntas a los alumnos, bien mediante un resumen expuesto por el profesor mismo, o por cualquier otro medio.

Todos los estudiantes llegan con ciertos conocimientos. Hay que detectar qué creencias, prejuicios o falsas ideas tienen acerca del tema que se aborda. Si un alumno está convencido, como suelen estarlo casi todos, de que las velocidades son proporcionales a las fuerzas, va a ser muy difícil que entienda cabalmente la segunda ley de Newton. Si confunde polea con cuerda, batallará lo increíble para entender muchos problemas. Si cree que la velocidad media es el promedio de las velocidades, tropezará con la cinemática indefectiblemente.

La enseñanza y el aprendizaje constituyen un sistema complejo. No sólo están implicados en él los elementos del grupo, sino también el resto de la escuela y la cultura general. No basta explicar. Se requiere crear cierto conflicto con lo que los alumnos creen que saben. Y con frecuencia las falsas creencias son muy persistentes. Conviene promover la discusión para promover el desequilibrio cognitivo.

Arnold B. Arons, autor citado en la conferencia inicial, da como precepto que se dé primero la idea de lo que va a tratarse y luego el nombre. Primero, por ejemplo, señalar qué quiere decir que sea un vehículo más veloz que otro, antes de definir formalmente la velocidad. De modo semejante, antes de abordar un nuevo tema, más que comenzar por la definición, conviene proponer ejemplos conocidos por los alumnos. Si se va a comenzar el estudio de los momentos de las fuerzas, qué mejor que proponer el caso de la balanza sujeta a distintas cargas en sus extremos.

Según el mismo autor, los principiantes en el estudio de la Física suelen confundir posición con velocidad, y entre nombre y realidad. Les resulta difícil entender el concepto de razón y, sobre todo, entender el significado de una razón inversa. Y no les es fácil interpretar las gráficas. A pesar de todo, hay que desarrollar en los estudiantes un pensamiento inquisitivo.

Durante el desarrollo de la clase, el profesor ha de saber mantenerse a caballo entre el contenido que explica y el seguimiento que le van dando los alumnos. Claro que es importante cuidar el rigor y la precisión de lo que se dice y se trata de enseñar, pero tanto o más percibir si los alumnos están atendiendo y entendiendo, pues mientras los alumnos no aprendan, el profesor no habrá enseñado nada. Impartir un curso no significa recitarlo delante de los alumnos para terminar a tiempo su contenido, sino de lograr que los estudiantes lo asimilen.

Una habilidad muy útil en la docencia, es saber crear en los alumnos cierta hambre o curiosidad por los contenidos de la asignatura. Resulta muchas veces más eficaz esperar las preguntas de los estudiantes, que desear exponerlos todo sin ton ni son. Con la curiosidad despertada es mucho más fácil que los alumnos se apropien del conocimiento. Es verdad que el profesor ha de tener algo de orador, algo de actor, algo de militar, algo de mamá, pero no para engañar ni lucirse, sino para lograr la motivación, el interés, la curiosidad y, por fin, que aprendan los alumnos.

SIMPLIFIER, VOILA BIEN LE PRINCIPAL SECRET

El uso del pizarrón tradicional, de proyecciones, de pizarrón electrónico o cualquier tipo de tecnología debe ser regulado en cada caso por el beneficio que proporciona a los alumnos. ¿Se deben proyectar los enunciados de los problemas, para que no se pierda tiempo de clase? —Puede ser, pero ¿no le llevará el mismo tiempo al alumno copiar ese enunciado? —Es que no hace falta que lo copie, pues se trata de un problema que ha de resolverse inmediatamente. —Y cuando quiera estudiar el tema, ¿podrá lograrlo sin el enunciado? —Y ¿es más

rápido copiar del pizarrón que escribir el dictado?... Como se ve, casi todo tiene sus pros y sus contras, que hay que sopesar. Algún profesor suele pasar lista mientras los alumnos copian. Otros prefieren dictar para crear un espacio de paz y ver sumisas las cabezas de los estudiantes, a la vez que les enseña a emplear los signos de puntuación, según la recomendación de Guitton. En fin, a cada instrumento hay que ponerlo en crisis.

El correcto uso del pizarrón tradicional ha producido abundantes frutos y sigue y seguirá siendo objeto de cuidado. Su principal virtud consiste en que el grupo puede seguir el desarrollo de un razonamiento, de una demostración, o de la resolución de los problemas. Tiene una gran versatilidad. Lo escrito queda reposadamente a la vista de todos. Pero debe verse con claridad desde cualquier asiento del aula, debe estar ordenado, ha de ser atractivo: ahora con los plumones de colores es más fácil. La costumbre más inveterada consiste en comenzar por la parte superior izquierda para terminar en la inferior derecha, y borrar en ese mismo orden, una vez que se haya llenado. Las dificultades que pueden presentarse son dar la clase de cara a él, y de ocultar con el cuerpo lo que se escribe.

Preguntar-responder

El sistema de preguntar–responder, o método socrático, como lo llama Kingsfield en *The Paper Chase*, tiene manifiestas ventajas. Sirve para conocer los antecedentes de los alumnos, para recapitular al principio de una sesión, para investigar qué están entendiendo los alumnos, para comprobar que van siguiendo los razonamientos. Quizá también para conseguir ejemplos vivos de lo que se trata en clase. Las preguntas, que pueden ser abiertas o cerradas, en clase deben ser predominantemente cerradas y claras; por ejemplo: la pregunta abierta “¿qué tipo de fuerza estoy aplicando?” admite mil respuestas: constante, concentrada, de contacto, externa, pequeña... y no es útil en clase; en cambio la pregunta cerrada “¿esta fuerza es constante o variable?”, como sólo admite una respuesta, obliga al alumno a razonar exactamente sobre lo que se está explicando, en vez de enviarlo a divagar por el universo de su imaginación, como en el caso anterior.

Las preguntas pueden dirigirse al grupo en general o a un alumno en particular. En este último caso, lo ideal es llamar al alumno por su nombre o apellido, en vez de señalarlo con el dedo o nombrarlo como “el de la playera roja”. El exceso de preguntas al grupo suele cansarlo: al principio se levantan muchas manos, pero terminan contestando uno o dos sistemáticamente. Cuando un alumno responde el profesor debe crear un refuerzo: asentir o disentir con claridad y, si es el caso, incluso felicitar: hay que decir si está bien o no, si falta algo, si se aproxima, etc. La cortesía en el empleo de este sistema de preguntar-responder es imprescindible.

No es raro que la respuesta de un alumno desconcierte al profesor. Si éste pregunta “¿qué le pasará al cuerpo si se le aplica un sistema de fuerzas en equilibrio?” quizá espere la respuesta “nada”. Pero si el alumno contesta “sufre esfuerzos”, el profesor no debe repetir la pregunta a otro alumno sin más: si no entiende el contenido de la respuesta, es mejor que diga “eso no lo sé” y limite más su pregunta; por ejemplo, “¿qué efectos externos sufrirá?, ya que sólo nos interesan los efectos externos en este curso”. Pero si tiene clara la idea de qué es un esfuerzo, lo explica y continúa luego con el hilo de la clase.

Para que el sistema funcione bien el profesor necesita tablas e ir adquiriendo experiencia. Pero el método de preguntar-responder no sirve para generar el conocimiento a partir de las ideas, confusas por lo general, de los alumnos.

El método del caso

Fue en Harvard precisamente donde se inventó el método del caso. Se emplea sistemáticamente en los cursos de Derecho y de Administración. En nuestra Facultad, tal como se utiliza allá, no resultaría útil. Sin embargo, nuestro sistema inveterado de plantear problemas y buscar las soluciones, tiene mucho de ese método. Partiendo de aquello de *simplifier, voila bien le principal secret de l'enseignement* (simplificar, he aquí el secreto de la enseñanza) de Fouillee, es muy conveniente proponer problemas muy sencillos. Los textos que presentan problemas resueltos suelen escogerlos muy completos, de modo que con dos o tres ejemplos queden cubiertos los principales casos que se van a presentar. Pero los primeros problemas de clase deben centrarse en un solo aspecto. Es mucho más eficaz multiplicar el número de problemas en los que se vaya aumentando el grado de dificultad, que escoger uno o dos globales, que fácilmente confunden a los estudiantes.

También las explicaciones deben ser simples. Al explicar, por ejemplo, el modo de determinar la resultante de fuerzas colineales, el profesor debe limitarse a razonar directa y brevemente a partir del principio de Stevin y concluir con una simple suma algebraica. Y no presentar una clasificación total de todos los posibles sistemas de fuerzas y decir que se trata de un caso particular.

Si, por dar otro ejemplo, se plantea un primer problema para ilustrar el cálculo del momento de una fuerza con respecto a un punto, y para abordarlo se requiere un sistema de referencia en tres dimensiones, ciertos cálculos geométricos para determinar longitudes, advertir que se están despreciando algunos efectos que se presentan en la realidad, etc., de entrada el alumno pensará que calcular momentos es tarea difícilísima. En este caso en particular, quizá lo mejor sea prescindir del carácter vectorial que pueda atribuirse al momento de la fuerza, de manera que el alumno entienda bien de qué se trata.

Algo semejante se puede decir de las primeras clases de Cinemática. El concepto de velocidad es muy común, no así su definición ni muchas de sus propiedades. Una buena forma de abordar su estudio es comenzar por el movimiento más simple: el rectilíneo de la partícula, y dejando de lado, al principio, las muchas complicaciones que pueden presentarse. Ya llegará el momento de advertir que todo movimiento es relativo, que los cuerpos pueden trasladarse, rotar, moverse en el espacio; que el sistema de referencia elegido puede mantener o no su dirección, que es una cantidad vectorial, etc., etc.

Vectores y escalares

Lo que acabamos de señalar respecto a omitir el uso del lenguaje vectorial en algunos problemas de momentos o velocidades, puede ampliarse a otros muchos casos. No se trata de preterir las dos características, tamaño y dirección, de las cantidades en cuestión. Una de las ideas expuestas por el Dr. Estrada, compartida por muchos estudiosos, es que las dificultades que ha tenido la humanidad para alcanzar cierto conocimiento, se repiten de algún modo en el proceso de aprendizaje de las personas particulares. Así como el contenido de la segunda ley de Newton, que relaciona las fuerzas con el cambio de la cantidad de movimiento, no con la velocidad, apareció más de veinte siglos después del nacimiento de la Mecánica, a los alumnos concretos les resulta dificultoso desechar la idea de que las fuerzas sean proporcionales a las velocidades.

Los vectores nacieron a mediados del siglo XIX. Sin duda constituyen un instrumento matemático maravilloso para manipular cantidades que tienen magnitud y dirección. No obstante, la Mecánica vivió alegremente sin lenguaje vectorial durante más de dos siglos. El profesor debe discernir en qué problemas ha de recomendarse su uso y en cuáles no. En las demostraciones, en cambio, el uso del lenguaje vectorial suele ser mucho más efectivo.



Un error generalizado en textos de Estática es comenzar estudiando el álgebra vectorial y luego afirmar que como las fuerzas son vectores, cumplen con las propiedades que se estudiaron. Lo cual está completamente injustificado. Más bien, deben estudiarse las propiedades de las fuerzas, a partir del principio de Stevin y de las leyes de Newton, y exigir al álgebra vectorial el cumplimiento de tales propiedades: la suma vectorial debe cumplir con la ley del paralelogramo, el producto cruz con el cálculo de momentos, el producto punto con la resolución de fuerzas, etc.

Más que mil palabras

Disponer en las aulas de computadora, proyector, pizarrón electrónico y conexión con internet facilita la preparación de materiales audiovisuales de gran calidad, como pudimos comprobar con las exposiciones de los profesores; pudimos incluso compartirlos. El pizarrón electrónico permite, además, conservar y enviar lo que se escribe sobre él.

Es conocida la frase, atribuida a los chinos, que sostiene que “una imagen dice más que mil palabras”. Pero esta gran virtud se puede convertir en una complicación terrible. Supongamos que queremos mostrar un ejemplo de fuerza impulsiva y llevamos al aula un cañoncito que dispare balines. Se comprime el resorte y se libera, de modo que el balón sale disparado hacia arriba. Si el profesor pregunta “¿cuál es la velocidad final del balón?” se llevará una gran sorpresa. Unos alumnos se referirán a la que tiene el balón cuando el resorte recupere su longitud natural, otros a la que lleva en el instante de perder contacto con él, otro más, a la que adquiere al pasar por la boca del cañón; no faltará quien piense en la que tenga cuando esté en el punto más alto de su trayectoria o, incluso, cuando llegue al suelo. Hay infinidad de instantes en ese pequeño experimento y se hace necesario señalar con precisión en qué deben fijar la atención los alumnos.

Los videos son muy atractivos y útiles. El profesor debe estar atento, sin embargo, a que los alumnos observen lo que deben. Si se está mostrando una biela como caso de un movimiento plano general mediante la proyección de un motor en movimiento, es muy posible que varios muchachos, que no saben qué sea una biela, se fijen en el cigüeñal, el árbol de levas, en una válvula, en el émbolo o en cualquier otra parte del motor. El profesor debe cerciorarse de que consigue lo que pretende.

Palabras vs símbolos matemáticos

Junto a las muchas ideas acerca de lo que se puede implantar para mejorar una clase, aparecieron en el seminario, por contraste, algunos vicios que conviene evitar. Los recojo también porque el primer paso para erradicar un defecto es conocerlo. Si, por ejemplo, un profesor no es consciente de una muletilla, como “me entienden, ¿no?”, “estamos de acuerdo, ¿no?”, “este, bueno...”, “eh...”, “...¿sí?” y otras tantas, es imposible que las evite. Los médicos, que se pre-ocupan de la salud, estudian también la patología.

Señalamos arriba la importancia de las definiciones. Los que manejamos un lenguaje matemático corremos el peligro de definir mediante fórmulas. Así, el trabajo de una fuerza sería $\int F \cos\theta ds$; y el alumno se quedaría con algo así como “el trabajo de una fuerza es la integral de $F \cos\theta$ por el coseno de theta diferencial de ese”. Pero tal frase no significa nada ni objetivamente ni en la inteligencia del alumno. Puesto que las palabras corresponden a ideas y viceversa, para que en la mente del alumno haya una idea, es necesario que reciba la información por medio de palabras. De modo semejante, un alumno ha comprendido un concepto cuando es capaz de expresarlo verbalmente. Una posible definición de trabajo de una fuerza sería “el producto de la componente útil de la fuerza por su desplazamiento”, en donde la componente útil es la que tiene la dirección del desplazamiento.

Otro tanto se puede señalar de los teoremas una vez demostrados. No es suficiente decir, en el caso del teorema de los ejes paralelos, que $I_x = I_u + mr^2$. Es necesario expresar este resultado retóricamente, pues los símbolos, tal como están presentados, no bastan para explicar el teorema. El alumno ha de ser capaz de decir que “el momento de inercia de la masa de un cuerpo respecto a un eje cualquiera es igual a su momento de inercia respecto a un eje centroidal paralelo al primero más el producto de la masa por la distancia entre los ejes al cuadrado”.

El sistema de referencia no existe

Es obvio que la anfibología del lenguaje dificulta que los alumnos comprendan bien lo que se expone. La necesidad de simplificar puede llevar tanto a profesores como a alumnos a utilizar expresiones completamente falsas. Es muy fácil que el alumno caiga en definir aceleración como “cambio de velocidad” o la velocidad como “cambio de posición”; sin embargo, esas cantidades no son cambios, sino razones: no son diferencias, sino cocientes. La aceleración es la razón del cambio de la velocidad al tiempo, y la velocidad es la razón del desplazamiento (cambio de posición) al tiempo. Otro ejemplo de simplificación impropia sería afirmar que “el momento de una fuerza con respecto a un punto es el producto de la fuerza por la distancia”. Hay un doble error en esta sencilla afirmación, encima de que lo mismo dirían muchos para definir el trabajo. En primer lugar, ésa no es la definición de momento de una fuerza. El momento de una fuerza es la tendencia que produce dicha fuerza a hacer girar el cuerpo alrededor de un eje que pasa por el punto y es perpendicular al plano determinado por la fuerza y el punto. Y en segundo lugar, se confunde la definición con el modo de calcularlo: se calcula multiplicando la magnitud de la fuerza por la distancia de su línea de acción al punto.

Confundir definición con proceso de cálculo puede convertirse en habitual. Por ejemplo, algunos muchachos afirman que la velocidad es la derivada de la posición con respecto al tiempo, o que la aceleración es la derivada de la velocidad con respecto al tiempo. No son ésas las definiciones, sino solamente formas de obtenerlas cuantitativamente.

No es difícil hallar alumnos que intercambien sin más “derivada” por “diferencial”, o bien, profesores que señalando en el pizarrón digan “si desarrollamos *esto*, obtenemos *esto* y por fin llegamos a *esto*”. Tampoco es remoto encontrar como sinónimos “par de fuerzas” y “momento”; incluso en algún texto se lee: “una viga sujeta a la acción de tres fuerzas y un momento”. Se está confundiendo la causa con su efecto: es verdad que el único efecto de un par es el momento, pero nada tan confuso como revolver causas y efectos. Como una fórmula establece que el trabajo es igual al incremento de energía, un incauto simplificador termina afirmando que el trabajo es igual a la energía; o que el impulso es igual a la cantidad de movimiento, en vez de “igual al cambio de la cantidad de movimiento”.

Como se ve, las posibilidades de expresarse incorrectamente son casi infinitas. Para terminar con la patología señalaré un último error frecuente, que consiste en descomponer inopinadamente una fuerza, una velocidad o una aceleración en sus componentes equis y ye, sin que a la vista aparezca un sistema de referencia. Como si existiera un sistema oculto detrás de cada pizarrón o cada hoja de papel. Los sistemas de referencia no existen, son entes de razón que inventamos para los problemas, y para que sean útiles es necesario explicitarlos, dibujarlos.

LA CORBATA NO DA LA CLASE

Una vez recogidos los contenidos de las conferencias final e inicial y las aportaciones más representativas del seminario —es imposible rescatar aquí el trabajo de quince horas—, quisiera retomar aquello de que la Universidad es ayuntamiento de maestros y escolares, y de que el universitario produce a partir de la discusión de las ideas, para remarcar el papel tan activo que tenemos los profesores. Nosotros y los alumnos nos dirigimos a un fin, y no debemos plantarnos como un letrero inmóvil al lado del camino para señalar la ruta. Sino avanzar, incluso más aprisa que los estudiantes, en la adquisición de los saberes y en la búsqueda de la verdad.

El seminario ha sido una clara manifestación del deseo de los participantes por mejorar no sólo su actividad docente sino también su desarrollo personal. No quiero dejar de agradecerles a todos su entusiasmo y la alegre gravedad con que asistieron o dirigieron las sesiones; incluso la corbata con que algunos participantes adornaron su exposición, ya que siempre una muestra de respeto hacia los demás. El profesor Kingsfield, el personaje de la película, impartía sus clases con corbata de moño y pañuelo en la solapa: no hace falta tanto.