



COORDINACIÓN DE CIENCIAS APLICADAS

BOLETÍN

SEPTIEMBRE 2015
SEMESTRE 2016-1



Nueva época, No. 17

LA CLASE IDEAL DE MECÁNICA Y SU PATOLOGÍA

Ing. Juan Ocáriz Castelazo
Profesor de asignatura definitivo B
de Estática y Cinemática y Dinámica

Los profesores de Mecánica y de otras asignaturas de la División participaron en un Seminario durante la tercera semana de junio del año en curso. El Seminario se denominó La Clase Ideal de Mecánica, pues se trataba de diseñar un esquema óptimo para la enseñanza de algunos temas especialmente difíciles de los programas. En este boletín se pretende recoger algunas de las experiencias que se obtuvieron.

Una buena clase de alguna asignatura, en cualquier nivel de enseñanza, puede impartirse sin mayores dificultades. Pero una clase perfecta, una clase ideal, ¿existe? Eso no quita que se pueda aprender a dar sistemáticamente muy buenas clases, y a evitar errores comunes. Para conseguir claridad, que es una de las principales características de una buena explicación, es imprescindible cuidar el lenguaje, en particular, el vocabulario. En este artículo presentamos unas ideas sobre la preparación, la disposición y la impartición de clases, y señalamos la patología en que es fácil incurrir por la frecuente repetición de los temas.

En el seminario que estamos tratando de recuperar, se abordaron los siguientes temas de los programas de Mecánica: diagramas de cuerpo libre, fricción, cargas distribuidas, cuerpos conectados, pares de fuerzas, trabajo y, por último, rotación pura. La exposición de los temas estuvo

a cargo de los profesores Lorenzo Octavio Miranda, Antonio Miralles, Yukihiko Minami, Joel Gómez, Yavhe Ledezma, Diego Alberto Zavala, Jorge González y René Orozco.

Preparación de una clase

La calidad de una clase depende del tema, de los alumnos, del profesor; una clase que es magnífica para un grupo de alumnos, puede resultar muy deficiente para otro. Un esquema que, teóricamente, permite a un profesor experimentado presentar con claridad un tema, quizá sea un obstáculo para un novel. La forma de acometer la impartición de una clase es a todas luces un problema de prudencia, pues el profesor debe considerar todos los factores que se involucran: los alumnos, sus antecedentes, su actitud, sus expectativas, sus capacidades; las instalaciones, los medios disponibles; el entorno, la hora, el clima, el ruido... Tiene la docencia mucho del arte.

Pero a pesar de todo ello, no podemos negar que haya una serie de rasgos que nos permitan afirmar que una clase tenga calidad, que sea una buena clase. Han existido desde la antigüedad unas normas básicas, el *A, B, C* de cómo debe exponerse un tema.¹

Lo primero es el objetivo. Una clase pretende mostrar al alumno unas verdades para que las conozca y las asimile. Además de deleitarse con la clase, incluso debe conmoverse de algún modo: al menos convencerse de que tiene que esforzarse por lograrlo él mismo con la ayuda del profesor, que elige y simplifica el vasto y complejo universo de información que la humanidad ha ido acumulando a lo largo del tiempo.

Se requiere tener un material que enseñar. El material es fundamentalmente el contenido del programa y el profesor lo busca tanto en su propia memoria —un buen profesor domina su materia— como en los textos.

Una vez seleccionado el material, es necesario ordenarlo convenientemente, darle una disposición que permita que los estudiantes lo comprendan bien y fácilmente. Esta disposición del material es el núcleo de la preparación de la clase. Más abajo explicaremos con más detalle cómo puede disponerse o estructurarse,

Pero aún hay que embellecer la clase, y escoger los modos de explicar, las palabras precisas, ejemplos atractivos y problemas interesantes, que hagan más sabroso y efectivo el aprendizaje. Conviene seleccionar el medio que ha de emplearse, sobre todo si se dispone de recursos tecnológicos, como computadoras, proyectores, pizarrón electrónico, etc.

Lo ideal sería que el profesor memorizara la clase de principio a fin, y pudiera explicarlo todo sin necesidad de recurrir a un guion o un apunte. Pero si no se memoriza íntegramente, por lo menos las demostraciones y la resolución de los problemas deben estar en la cabeza del docente.

La exposición de la clase exige una voz fuerte, que llegue al último rincón, y libre de monotonía. Además, es necesario mantener contacto visual con todos los alumnos. Hay que evitar darle la clase al pizarrón o a la computadora. Asimismo, el profesor debe moverse con soltura tanto sobre la tarima como entre los pasillos, y adoptar ademanes moderados y elegantes.

Disposición del contenido

Dijimos arriba que el núcleo de la preparación de la clase es darle una estructura o una disposición adecuada al contenido.

El primer paso de una exposición consiste en explicar por qué se va hablar del tema, y cómo se conecta con lo que se ha estudiado previamente; señalar la importancia que tiene dentro del programa y en el futuro ejercicio de la profesión de ingeniero. Para lograr esta inicial conexión, se puede recurrir a un breve resumen de lo que se haya estudiado en la clase previa, o en un sencillo interrogatorio a los alumnos. Así pueden traer a la memoria los conceptos con los que habrán de relacionar los nuevos. Es muy oportuno presentar un ejemplo de la realidad que muestre el tipo de problemas que se abordarán. Los pedagogos modernos llamarían encuadre a estas actividades.



Viene a continuación la parte fuerte: la explicación del tema. Se dan las definiciones y los conceptos, y se desarrollan las demostraciones o los teoremas. Esta explicación va generalmente de lo conocido a lo desconocido; de lo simple a lo complejo; de lo fácil a lo difícil; de lo particular a lo general. Y todo hay que ejemplificarlo, generalmente con algún problema directo, y tantos otros cuantos sea preciso. Por problema directo nos referimos a aquel que muestra de modo muy específico el tema que se está explicando, libre de complicaciones que puedan difuminar su comprensión. Si deseamos explicar las relaciones entre cuerpos conectados, mejor será que no aparezcan problemas de fricción o de descomposición de fuerzas que oscurezcan el concepto central.

Conviene señalar las dificultades especiales del tema y los errores frecuentes en que se incurre. Y que existen otras maneras de abordar el tema y de resolver los problemas —si es que existen—.

Es muy posible que convenga hacer alguna digresión. Por ejemplo, para explicar brevemente el contenido de un teorema de geometría ("si dos rectas forman entre sí un ángulo α , sus perpendiculares también forman un ángulo α entre sí") o de Cálculo (la regla de la cadena, por ejemplo) que esté impidiendo la debida comprensión del tema.

Antes de terminar la clase, debe darse una visión del conjunto, con una recapitulación del contenido. Si tal recapitulación se realiza mediante preguntas a los alumnos, se puede tener de inmediato una evaluación del éxito de la clase.



Volvemos a insistir en que la preparación de una clase tiene mucho de arte: el esquema propuesto obviamente puede cambiarse, si existen razones para ello.

La acción

Una clase se imparte a unos alumnos concretos, cada semestre distintos. Para que ellos reciban, acepten y asimilen las enseñanzas del maestro, han de confiar en él. Y así como es importante que el profesor conozca la situación de los alumnos, sus conocimientos y sus limitaciones, ellos deben ver en el profesor una persona confiable, que tiene deseos eficaces de ayudarles, que los respeta, que es justo; a quien pueden recurrir siempre que lo deseen.

La preocupación del profesor por los alumnos ha de ser permanente: en cada paso debe

tratar de percibir si efectivamente van siguiendo las explicaciones, o si se quedan rezagados.

Al contestar una pregunta, el profesor debe ver al alumno, prestarle toda la atención y responderle de tal modo que quede satisfecho. Una respuesta áspera o desabrida puede inhibir otra participación suya y la de todos los demás alumnos del grupo.

Cada profesor tiene su personalidad y su modo de ser. Y ha de conservarlo ante el grupo. Pero siempre debe mantener el buen humor, que no es incompatible con la gravedad. Pretender hacerse el simpático solo consigue que los estudiantes se hartan del profesor y se vuelvan irrespetuosos.

La patología de las clases de Mecánica

Podríamos pensar, equivocadamente, que una clase bien preparada estará exenta de errores. Sin embargo, *errare humanum est* y los alumnos en el aula son incapaces, en general, de detectar las equivocaciones; más bien suelen pensar que lo que ha dicho el profesor es así —*magister dixit*—, y punto. Pero con la ayuda de observadores perspicaces es fácil que se detecten corruptelas y fallas que ensucien las exposiciones y confundan a los alumnos.

Uno de los errores que se presentan —y que puede ser más frecuente de lo que se piensa— es el deseo de impresionar, utilizando ideas sofisticadas, que exceden las pretensiones de una clase; lo que más brilla es la claridad. El deseo de lucimiento está muy arraigado en la mayoría de las personas, pero un profesor debe tener la humildad de saber que él no es el protagonista del aula: los protagonistas son los estudiantes.

Para ahorrarse el esfuerzo de dar definiciones, llega a caerse en el sinsentido de medir, calcular y cuantificar algo que no se sabe qué sea. Al abordar un tema, si resulta muy oneroso definir con toda precisión un concepto, por lo menos debe quedar una noción clara y completa en la mente de los alumnos.

Cuando un profesor quiere evitarse la molestia de dictar el enunciado de un problema, y se limita a explicar de qué se trata, lo único que consigue es que más tarde el alumno no pueda volver sobre él para estudiarlo y comprenderlo mejor. Los enunciados no solo son necesarios,

sino que pueden, si se desea, señalar el camino de la solución, lo cual puede resultar muy didáctico. Además, cuando un alumno pretende recurrir a un asesor con un problema sin enunciado, solo encuentra una negativa.

Se puede poner en tela de juicio la conveniencia de dictar en clase. Es verdad que el uso del pizarrón electrónico facilita la lectura y conservación de textos. Habría que cerciorarse de que el alumno efectivamente los recupere. Pero no hay que perder de vista los beneficios del dictado. Copio unas frases de Jean Guitton: "Tras el galope hay que prever el trote y el paso, y aun el saco de avena; unos minutos de dictado ofrecen esta ventaja... Los alumnos sabían que lo que ellos copiaban merecía ser guardado en la memoria... Tenía por principio dictar la puntuación: como *coma*, *punto* y *coma*, *coma* y *guion*, a fin de que mis alumnos gozaran de un descanso y, sobre todo, aprendieran el arte de puntuar, más valioso, en mi opinión, que la ortografía: pues la ortografía depende en realidad de la memoria, en tanto que el sentido de la diferencia entre el *punto* y *coma* y los *dos puntos* pone de manifiesto el pensamiento. Y pensar vale más que memorizar." ²



Es fácil caer en la tentación de proyectar videos, que de ordinario llaman la atención de los alumnos. Pero se requiere tener la certeza de que aporten información valiosa. Debe advertirse a los estudiantes qué debe observarse específicamente durante la proyección. El exceso de

imágenes puede resultar, si no contraproducente, sí inútil.

Patologías del vocabulario

Los conocimientos, las ideas y los conceptos solo se pueden expresar y transmitir mediante palabras estructuradas en oraciones. Por eso es tan importante el cuidado y el buen empleo del lenguaje. En general, un error de palabras suele ser un error de concepto.

Con demasiada frecuencia se habla de *principios*: principio del equilibrio, principio de la conservación de la energía, principio del deslizamiento, y muchos otros. No habría que perder de vista que los *principios* de una ciencia deductiva son aquellas proposiciones que se aceptan sin demostración. En el caso de la Mecánica clásica esos principios —o leyes o axiomas, como los llama Newton— son las tres leyes del propio Newton. (Quizá habría que añadir el principio de Stevin o ley del paralelogramo, que Sir Isaac presupone en el enunciado de su segunda ley.) A partir de los principios se obtienen los corolarios y todas las demás demostraciones.

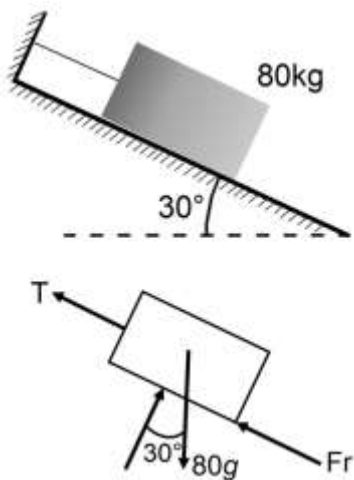
Que la fuerza de fricción se oponga al movimiento es una idea equivocada que reposa en la mente de algunos. Sin embargo, la fuerza de fricción se opone al movimiento relativo de los cuerpos; tiende, más bien, a mantener unidas dos superficies en contacto.

Un error conceptual frecuente es confundir *par de fuerzas* con *momento*. Así como en el lenguaje coloquial se ha pasado, a fuerza de simplificar, de la expresión *agente del ministerio público*, se ha pasado a *ministerio público*, confundiendo una persona con una institución: o como del adjetivo *aguzado*, al *abuzado* y de aquí al *ponte buzo*, así, puesto que el efecto propio de los pares es producir un momento, se ha llegado a cambiar *par de fuerzas* con *momento*, es decir, a trocar la causa por el efecto.

También se presenta, acerca de los momentos de las fuerzas, una cierta propensión a sustituir la *tendencia a girar* con el *giro* propiamente dicho.

Es frecuente, sobre todo en el bachillerato, el empleo de las palabras *torca* y *torque* en lugar de momento de una fuerza. Los dos vocablos tienen un significado completamente distinto al

de *momento* de una fuerza, a pesar de que el segundo proceda directamente del latín.



El diagrama de cuerpo libre, que es, sin duda, el instrumento más importante para la resolución de problemas de Estática y Cinética, no es sino un *dibujo del cuerpo aislado y de las fuerzas externas que actúan sobre él*. Pretender que deba contener también los momentos resulta un error notable a la luz de lo que dijimos en el párrafo anterior. Así, bastará señalar las *fuerzas externas*, ya que los pares de fuerzas son fuerzas.

Tratando de establecer unas relaciones de paralelismo entre las características del movimiento del punto y el de la recta, se pretende hablar de aceleración lineal y aceleración angular, de velocidad lineal y velocidad angular, y de *posición lineal* y *posición angular*. Pero este último nombre resulta sumamente inadecuado.



La palabra *posición* debe reservarse para el lugar que ocupa una partícula. Y lo que se desea expresar sobre la recta es su *dirección*, tal como

se ha llamado siempre y como se emplea en todos los demás casos. A la diferencia entre dos posiciones se le denomina *desplazamiento*, y a la diferencia entre dos direcciones, *desviación*.

Simplificar es uno de los secretos de la buena enseñanza. Es mejor decir “dibujo” que “representación gráfica”, decir “circular” en lugar de “circunferencial”, etc. Sin embargo, debe cuidarse de no llegar al extremo de alterar los conceptos que se están estudiando. No se puede decir, por ejemplo, que la aceleración sea un *cambio de velocidad*, pues no lo es, sino la *razón del cambio de la velocidad al tiempo*. Algo semejante habría que evitar al hablar de la velocidad, que no es tampoco un *cambio de posición*, sino la *razón del desplazamiento al tiempo*.

Tampoco por simplificar, se pueden llamar “verticales” las componentes en dirección de un eje de las yes que no sea vertical.

Símbolos patológicos

Algunos profesores impulsan la costumbre de escribir las unidades entre corchetes []. Quizá el uso provenga de políticas del bachillerato. Lo cierto es que rara vez son necesarios. Y, por otra parte, resulta muy difícil escribirlos a mano, ya que cada uno de ellos contiene tres trazos. Por supuesto, los textos no los utilizan. Junto a esto, habría que sopesar la conveniencia de arrastrar unidades a los largo de la resolución de un problema, pues suele ser una complicación inútil.

También sobre las unidades se puede observar que muchos leen la expresión m/s como “metros sobre segundo”. Además de que los metros no están sobre los segundos, km/h se lee “kilómetros por hora” y rev/s se abrevia rpm y se lee “revoluciones por minuto. La barra, en estos casos, significa “por” según la Real Academia de la Lengua Española,³ no “sobre”. Las unidades del tipo $kg \cdot m$ se han de leer “kilogramo metro”.

Distintos profesores utilizan diversas pronunciaciones para la letra griega μ , que en castellano se llama *my*. La y (griega o *ýpsilon*) tenía originalmente el sonido de la *u* francesa, sonido que no tenemos en nuestra lengua. Así como las palabras *dinámica*, *química* y *mártir*, que originalmente contenían una *y*, se pronuncian con *i* —nadie dice *dunámica*, *cúmuca* ni *mártur*—, a la μ sería más lógico expresarla como *mi*.

Epílogo

Hemos intentado esbozar la manera clásica de dar una clase, resaltar la importancia del lenguaje en la actividad docente, y señalar errores que se cometen con frecuencia al impartir una sesión de clase.



Marco Fabio Quintiliano, que recoge las tradiciones griega y latina de la oratoria, señala, como partes del discurso las siguientes:

1. Invención, que es la búsqueda del material,
2. Disposición, por la que se ordena convenientemente el material.
3. Memoria o memorización.
4. Acción, que divide en pronunciación y ademán.

Y considera que la disposición ha de seguir el siguiente orden:

1. Exordio o proemio.
2. Narración, que incluye la argumentación y la refutación.
3. Las digresiones.
4. El epílogo.

Asimismo, estima, siguiendo particularmente a Cicerón, que los fines del discurso son enseñar, deleitar y *convolver*.

De ahí que estime de la máxima importancia las relaciones entre el orador y el auditorio.

La *commoción* que esperaban los oradores políticos romanos era el encendimiento de los ánimos de la multitud y la elección inmediata de algún candidato, o la condena de tal o cual acusado.

De los alumnos podemos esperar, además de la que señalamos más arriba, el deseo de participar en la clase preguntando, contestando... o incluso riendo.

Como se ve, ni los fines ni los medios del discurso —objeto del estudio de la oratoria o retórica— se separan de lo que debe ser una buena clase. La diferencia entre la antigüedad y nuestra era se cifra en los medios con que contamos; aulas, pizarrón tradicional, pizarrón electrónico, técnicas de la información y la comunicación, etc. Se han desarrollado, también, algunas metodologías de manejo de grupos que pueden resultar útiles en algunos casos. Pero no hay que perder de vista que la tarea de enseñar una asignatura, que forma parte de la formación de profesionales de la ingeniería, ha de enfocarse a ayudar a los alumnos a esforzarse personalmente.

Los resultados del Seminario que hemos tratado de recuperar en este boletín, sin duda puede ayudar a los profesores de otras asignaturas.

¹ Sigo en esto los libros II y IV de las *Institutiones Oratoriæ* de Quintiliano.

² El Trabajo Intelectual, VIII, IV. Ed. Porrúa.

³ Cfr. Ortografía 2010, 4.2.1.3, a).