

DESARROLLO DEL METACONOCIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DEL DIAGRAMA DE FUERZAS DEL CUERPO LIBRE

Soler Ruiz, Joan¹, Villasevil Marco, Francesc Xavier²

1: Departament de Física i Enginyeria Nuclear
Escola Politècnica Superior de Vilanova i la Geltrú
e-mail: juan.soler@upc.edu

2: Departament d'Enginyeria Electrònica
Escola Politècnica Superior de Vilanova i la Geltrú
e-mail: francisco.javier.villasevil@upc.edu

Grup de Recerca GENCAD
Universitat Politècnica de Catalunya

Resumen. *En la disciplina de la física y concretamente en la dinámica existen serias dificultades cuando el alumno debe representar el diagrama del cuerpo libre, es decir, dibujar todas las fuerzas que recibe un determinado cuerpo cuando este interacciona con su entorno. El método convencional consiste en realizar abundantes ejemplos en clase y luego esperar que el alumno sepa desenvolverse ante distintas situaciones.*

En general, observamos que cuando el alumno se dispone a completar el diagrama del cuerpo libre usa lo que llamamos método comparativo, es decir, intenta ver las máximas semejanzas que existen entre el ejercicio propuesto y el que se le ha realizado en clase. De este modo usando una cierta conducta mimética realiza el diagrama lo más aproximado posible. Este proceder solo garantiza el éxito ante situaciones parecidas a las tratadas en clase. Cuando la situación resulta un poco más compleja se obtienen muy malos resultados.

Nuestra propuesta consiste en diseñar una metodología específica que permita obtener éxito ante cualquier situación por más compleja que resulte. El alumno sigue unas pautas que son independientes de la dificultad del ejercicio y que le permiten lograr siempre el éxito buscado. Este proceder incide en el metacognoscimiento del alumno y le permite aprender a aprender, de forma que la dificultad de los ejercicios no tiene ningún tipo de límites.

Palabras clave: Rigor, orden, metacognoscimiento.

1. INTRODUCCIÓN

En cualquier proceso docente tenemos como norma realizar la detección de ideas previas erróneas, observando que el alumno tiene unas lagunas conceptuales importantes. Los alumnos que entran en la universidad para realizar carreras técnicas, con mucha probabilidad, han escogido la física como una de las asignaturas importantes en su desarrollo en el bachillerato. Algunos temas como la cinemática, dinámica y el

trabajo y energía han sido “compañeros de viaje” durante bastantes años, incluso se han introducido ya en la Enseñanza obligatoria. Lo que resulta sorprendente es que dichos conceptos no se han asimilado con la “contundencia” y fluidez necesarios para poder “tirar” de ellos en muchas áreas de la física.

Entre los temas de discusión que aparecen en los debates entre profesores, se presentan diversas alternativas, algunos opinan que el alumno debe aprender de forma autodidáctica con el apoyo de los ejemplos que ha recibido en clase, otros opinan que se deben seguir unas pautas bien encaminadas y orientadas. Por poner una metáfora: ¿debe aprender a nadar solo o debemos enseñarle a mover los brazos y a sostenerse en el agua?. Seguramente la respuesta más sensata sería que debemos guiarle, y aquí se abre otro abanico de posibilidades en las que nosotros queremos aportar nuestro punto de vista. La opción más común consistiría en ofrecer una gran cantidad de ejemplos resueltos para que ello le permita afrontar los ejercicios con garantías. Sin embargo cuando consultamos las inquietudes del alumno nos manifiesta que en cada ejercicio nuevo, aunque sea de un mismo contexto, encuentra muchas dificultades para poder resolverlo y a menos que sea casi idéntico al ejemplo realizado en clase ya piensa que es de “otra galaxia”.

Nosotros proponemos clasificar los ejercicios en distintas tipologías y para cada una de ellas seguir un patrón rígido pero seguro. Aunque quizás este proceder pueda coartar la libertad de acción, permite como mínimo garantizar el éxito en el objetivo propuesto y de este modo mejorar la autoestima del alumno, base indispensable para una buena continuidad en la asignatura.

2. EL PLANTEAMIENTO CONVENCIONAL Y EL RIGOR

En este apartado vamos a dar nuestro punto de vista relacionado con los planteamientos convencionales a los que estamos acostumbrados a encontrar en los libros de texto, clases magistrales, internet, etc. Muchas veces, en función de la complejidad del ejercicio, se adoptan ciertas estrategias que, aunque correctas, omiten ciertos aspectos de importancia menor y que no influyen en el resultado, pero que en otras situaciones pueden afectar. Consideramos que extremar el rigor en los desarrollos contribuye a asimilar mejor los conceptos y redundante en un mayor beneficio para futuros ejercicios.

2.1. Tipificación convencional

Desde hace muchos años, la enseñanza de la física se podría resumir en la introducción de los conceptos, leyes y principios, y en la resolución de ejercicios que sirven para aplicar de forma práctica estos pilares teóricos. En estos planteamientos se usan procedimientos más o menos típicos en donde el alumno adquiere unos esquemas identificativos para cada tipo de ejercicio. Si exigimos al alumno que realice un ejercicio parecido a los ejemplos expuestos generalmente obtiene éxito y en cierto modo este es el camino que ha seguido en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato para acceder a la Universidad. En el momento que el ejercicio propuesto se aparta del convencional con alguna variante, ya tenemos el problema presente: el alumno ve al ejercicio como algo totalmente nuevo y distinto a los ejemplos que se han hecho en clase y tiene muchas dificultades para resolverlo.

2.2. Rigor en el planteamiento

Cuando realizamos ejercicios de ejemplo para ilustrar un determinado principio, teorema o ley, hay una cierta tendencia a simplificar la resolución para que al alumno le resulte todo más simple. En cierto modo el profesor conoce a la perfección todo lo que hay que aplicar y en ese sentido, con toda la buena intención del mundo, piensa que será lo mejor para que el alumno no se asuste en detalles que no son del todo relevantes. Resulta muy sorprendente que se muestre al alumno la tercera ley de Newton con los conceptos de fuerza de acción y de reacción y en los diagramas del cuerpo libre alguna de estas fuerzas se omiten sin más, sin obedecer a ningún patrón establecido. Esta omisión como decimos no es en ningún modo intencionada sino que obedece a patrones clásicos de docencia que se arrastran históricamente

Nosotros proponemos que en todos los ejercicios se extreme el rigor de ejecución, aunque ello comporte una resolución más larga de lo habitual. La introducción de patrones o métodos rígidos permiten que el alumno siga paso a paso unas pautas que le sirvan para cualquier tipo de situación, siempre dentro del mismo entorno o temática. Cuando forzamos al alumno a seguir unas pautas establecidas puede parecer que coartamos su imaginación, pero en realidad estamos instruyendo de unos mecanismos que en situaciones más complejas las podrá abordar sin ningún tipo de miedo ni coacción.

3. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

Pretendemos dotar al alumno de una herramienta independiente que le permita afrontar cualquier situación por compleja que resulte y poder así llegar a la correcta realización del diagrama del cuerpo libre. Para ello dividiremos el ejercicio en 3 fases diferenciadas que pasamos a describir en detalle. En este apartado usaremos un ejemplo práctico para ilustrar de un modo más gráfico todo el proceso que llevamos a cabo.

3.1. Elección de los cuerpos

Cuando se nos presenta un ejercicio donde aparecen bloques, mesas, planos inclinados, etc. conviene realizar un estudio previo de cuales van a ser los elementos que van a interactuar. Generalmente este hecho se obvia por resultar demasiado evidente y en cambio consideramos que es esencial para nuestro posterior estudio: hace falta saber de cuantos cuerpos consta nuestro montaje para poder analizar las interacciones tienen lugar.

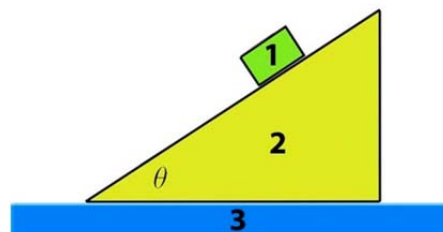


Figura1. Plano inclinado encima de una mesa.

En la figura 1 observamos a un cuerpo que baja por un plano inclinado que a su vez está apoyado encima de un bloque horizontal como podría ser, por ejemplo, una mesa que lo sustenta. Ante esta situación conviene definir cuál será nuestro universo de trabajo, es decir, los cuerpos que formaran parte de nuestro análisis. Siempre que se plantea un ejercicio conviene dar todas las condiciones a las que se verá sometido. En este caso hace falta indicar si el plano inclinado se va a mover o se va a mantener quieto. Esta hipótesis es fundamental para definir cuáles son los elementos que vamos a incluir en el estudio. Si el plano se va a mover hará falta incluir los 3 elementos y si por el contrario no se moverá solo serán necesarios el bloque 1 y el plano 2.

Hay un detalle que siempre pasa desapercibido y que se da por hecho con respecto a los cuerpos que forman parte de nuestro entorno. Si nos fijamos el cuerpo 1 se verá sometido a una fuerza que llamaremos peso. Esta fuerza es debida a la interacción de dicho cuerpo 1 con el núcleo terrestre, es decir, lo que llamamos gravedad. Nos falta por tanto un cuarto cuerpo responsable de dicha interacción y que simbolizaremos en la figura 2 con pequeño globo terráqueo. Así pues nuestra primera fase de estudio debe completarse con dicho elemento, es decir,

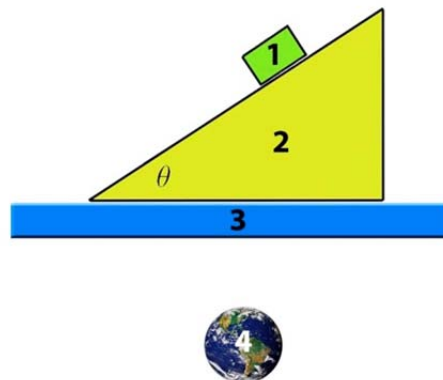


Figura2. Plano inclinado encima de una mesa bajo la acción de la gravedad.

La inclusión de este cuarto elemento en nuestro estudio es fundamental y a muchos alumnos les sorprende dicho esquema. Este permite además subsanar muchos conceptos previos erróneos como el conocido problema del peso y la normal que tantos ríos de tinta ha hecho correr.

3.2. Matriz de interacciones

Una vez se han especificado los cuerpos que van a formar parte de nuestro estudio hay que proceder a analizar todas las interacciones que tienen lugar entre ellos. Generalmente este punto se termina con el dibujo de todas las fuerzas que recibe cada cuerpo, y en ocasiones se procede a la separación de los mismos para poder tener así aislado el diagrama de cada cuerpo. Lo que proponemos nosotros consiste en la fabricación de una matriz en donde iremos anotando todas las interacciones que tienen lugar entre los cuerpos, para en una fase posterior, traducirlas en vectores en el

diagrama. En realidad consiste en un paso previo pero que permite asegurar que no nos va a quedar ninguna interacción olvidada. No resulta imprescindible, pero permite estructurar el ejercicio y poder analizar todos los casos posibles. Pensamos que la colocación de fuerzas en el diagrama de forma directa conlleva un cierto riesgo de que se nos olvide alguna que otra interacción. Esta forma de organizar las interacciones permite el estudio cuerpo a cuerpo por separado y no en su conjunto, evitando así que se quede alguna interacción descuidada.

En nuestro ejemplo anterior procederemos a fabricar una matriz cuadrada en donde colocaremos en la primera fila y primera columna cada uno de los 4 elementos en que hemos separado el ejercicio. Esta matriz tiene dos propiedades importantes: su diagonal principal es nula, puesto que cada elemento no puede interactuar consigo mismo y además resulta simétrica debido a la verificación de la tercera ley de Newton. Para llevar a un extremo la precisión podríamos decir que es anti-simétrica, si consideramos a las fuerzas de acción y reacción iguales o bien iguales en módulo y sentido contrario. Este matiz tiene una importancia relativa en nuestro método. Todo depende si consideramos a la interacción en cuanto a módulo o en cuanto a vector.

	1	2	3	4
1		F, N_1	-	P_1
2	F, N_1		N_2	P_2
3	-	N_2		P_3
4	P_1	P_2	P_3	

Tabla 1. Matriz de interacciones.

En la tabla anterior podemos observar la matriz de interacciones. En la primera fila y primera columna anotamos los distintos cuerpos que se han obtenido en el primer paso. En cada casilla anotamos las interacciones que tienen lugar entre dichos cuerpos. Así entre la Tierra (cuerpo 4) y el bloque 1 tiene lugar una interacción a distancia que se representa por la fuerza peso (P_1) de modo que la Tierra ejerce una acción sobre el cuerpo 1 que está dirigida hacia abajo y según la tercera ley de Newton, este ejerce una fuerza del mismo módulo (P_1) y dirigida hacia arriba. Observamos también que la diagonal principal está vacía y alguna casilla como es el caso de la interacción entre los cuerpos 1 y 3: la interacción entre dichos cuerpos es despreciable (su interacción gravitatoria es pequeñísima comparada con la que se ejercen el cuerpo 1 y la Tierra). Hay que poner especial interés en la fuerza de rozamiento entre los cuerpos 1 y 2, puesto que en muchos casos como el plano inclinado permanece sin moverse, la fuerza de rozamiento que recibe el plano no se acostumbra a indicar, por la razón que ya hemos comentado anteriormente: se prescinde de fuerzas que no van a intervenir. Este rigor extremo al que nosotros dedicamos especial atención no es ni más ni menos que aplicar correctamente las reglas del juego, es decir, la tercera ley de Newton.

3.3. Diagrama del cuerpo libre

Este paso es el que resulta más sencillo de realizar siempre que hayamos sido precisos en los dos pasos anteriores. De hecho estos dos pasos anteriores son los que se realizan de un modo automático en la mente del profesor y generalmente se omiten para dar mayor fluidez a los ejercicios. Consideramos que esto es un grave error ya que genera en el alumno un afán mimético para la resolución de los ejercicios. Cada vez que el alumno observa un ejercicio siempre intenta establecer cierta correspondencia con alguno de los anteriores que ha visto resueltos en clase y a partir de ahí realiza los diagramas por “aproximación”.

En ejemplo que estamos considerando, solo hace falta traducir cada elemento de la matriz en una fuerza en el diagrama del cuerpo libre, tal como observamos en la figura 3. Quizás pueda parecer redundante este proceder pero tal como hemos dicho anteriormente nos permite realizar el análisis de las interacciones de un modo más “tranquilo” y poder así realizar el mismo con los cuerpos por separado, reduciendo al máximo el riesgo a descuidar alguna que otra interacción. Cabe decir que algunos de los cuerpos analizados no se van a mover y por lo tanto se podrían “desechar” desde el principio. Esto es precisamente lo que ocurre en las resoluciones convencionales que se prescinde de ellos. Esta simplificación genera incertidumbres en los alumnos cuando tiene que decidir que cuerpos tiene que tener en cuenta.

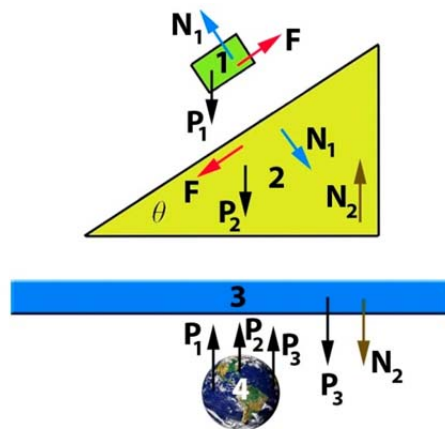


Figura 3. Diagrama del cuerpo libre.

Cuando el ejercicio difiere bastante de los que se realizan en clase el alumno se encuentra generalmente indefenso y se recurre a la “épica” para dicha misión. Con nuestra metodología se realiza un análisis profundo del ejercicio y además se refuerza lo que denominamos “aprender a aprender”, es decir, el metaconocimiento.

Conviene decir también que la pretensión de la metodología consiste en pautar al alumno para que obtenga de forma exitosa la colocación correcta de todas las fuerzas en el diagrama del cuerpo considerado. De forma gradual los primeros pasos se pueden ir simplificando hasta poder eliminarlos completamente. Podríamos hacer una comparativa lejana con nuestros primeros aprendizajes en matemáticas. Cuando nos

enseñaron a sumar dos cantidades, siempre que el resultado parcial superaba la decena apuntábamos encima de las cifras un “1” y recordamos la frase “me llevo una”.

Es evidente que a medida que avanzamos en el proceso, esta anotación con el número 1 pequeño se iba eliminando. En cierto modo y salvando las distancias, nuestro proceso va orientado en esa dirección: la elección de los cuerpos y la matriz de interacciones se podrá suprimir en la medida que la agilidad adquiera una dimensión más sólida y nos podamos permitir “el lujo” de representar las fuerzas directamente sobre el cuerpo considerado.

El metaconocimiento del alumno habrá llegado a la estabilidad deseada y tratará los ejercicios como si fuese todo un profesor, obviando estos pasos que en cierto modo se reproducen de forma “subconsciente” en su mente. Hay que decir también que la autoestima del alumno le permite afrontar “sin miedo” ejercicios que con el sistema convencional resultarían “imposibles”. Cuántas veces hemos comentado entre profesores que si tal ejercicio resulta demasiado “difícil” y que no lo sabrán resolver. El motivo de dicha sospecha es suponer que el alumno observara demasiada diferencia entre los que hemos hecho en clase y el propuesto. Con esta metodología esta dificultad desaparece por completo y permite afrontar retos que hubieran resultado inaccesibles.

4. CONCLUSIONES

Después de la experiencia desarrollada podemos enumerar diversas conclusiones positivas que el alumno adquiere, fruto de la metodología aplicada:

- Se abandona la dependencia de la fórmula en beneficio del método.
- Aumenta su capacidad de análisis y consigue estructurar mejor los ejercicios desde los más simples hasta los más complejos.
- Crece su autoestima ya que consigue vencer los ejercicios que antes le resultaban difíciles.
- Adquiere un modelo cognitivo y refuerza su metaconocimiento.

REFERENCIAS

Ausubel, D. (2002). Adquisición y retención del conocimiento. *Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.

Ausubel, D., Novak J. D., y Hanesian, H. (1986). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Flavell, J. y Wellman, H. M. (1977). Metamemory en R. V. Kail y J. W. Hagen, *Perspectives on the Development of Memory and Cognition*, Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

Hirschfeld, L.A. y Gelman, S.A. (2002). Hacia una topografía de la mente: una introducción a la especificidad de dominio. En: L.A. Hirschfeld y S.A. Gelman (Eds). Cartografía de la mente. *La especificidad de dominio en la cognición de la cultura (Vol. I. Orígenes, procesos y conceptos, (23-67)*. España: Gedisa.

Soler, J., Villasevil, F. X., (2008). Análisis de los ejercicios de física mediante bloques funcionales con entradas y salidas de variables. *XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Cádiz. ISBN: 978-84-608-0805-3*

Villasevil, F. X., López, A. M. y Rosado, L. (2001). Cognitive and meta-cognitive model in electronics engineering teaching. *31th ASEE / IEEE Frontiers in Education Conference, Reno, NV.*