



La influencia de las ideas previas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Un ejemplo: La formación del concepto de fuerza en 2° de BUP

José Hierrezuelo Moreno
I.B. «Jorge Guillén» Torrox (Málaga)
Eduardo Molina González
I.B. «Reyes Católicos» Vélez-Málaga

RESUMEN

Numerosos trabajos han puesto de manifiesto que los alumnos disponen de unas explicaciones alternativas que utilizan en la comprensión de los fenómenos que observan diariamente. También se ha comprobado lo persistentes que son esas ideas previas, sobre todo en el campo de la mecánica, modificándose muy poco a pesar de la enseñanza recibida. Parece necesario el planteamiento de estrategias que conduzcan a conseguir el cambio de sus esquemas alternativos por otros más acordes con los que acepta la ciencia. En este trabajo, presentamos los resultados obtenidos en el aprendizaje del concepto fuerza en segundo de BUP, utilizando una metodología de descubrimiento orientado en la que se presta especial atención a las ideas previas de los alumnos. Los resultados se comparan con los obtenidos por otros alumnos en un proceso de aprendizaje en el que no se ha prestado atención especial a sus ideas previas.

Introducción

El paradigma constructivista se ha convertido en referencia obligada dada su capacidad para explicar y hacer predicciones en un campo tan complejo como el del aprendizaje de las ciencias. Premisa fundamental del constructivismo es considerar que en el proceso de aprendizaje se produce una interacción entre lo que el alumno ya sabe y lo que queremos que aprenda. Se le reconoce al individuo el papel de «generador» de su conocimiento (Osborne, 1986), admitiendo que los resultados no sólo dependen de la situación de aprendizaje y de las experiencias que proporcionemos a los alumnos, sino también de sus conocimientos previos, de sus concepciones y motivaciones. Las ideas previas de los alumnos no sólo influ-

yen en sus interpretaciones de los fenómenos, las explicaciones que dan a los mismos, sino que determinan la dirección de su observación, focalizan su atención, orientan los experimentos que realizan y condicionan la adquisición de sus conocimientos (Driver, 1986).

La importancia de las ideas previas de los alumnos ha sido constatada en numerosos trabajos de investigación en Didáctica de las Ciencias, disponiéndose en la actualidad de un amplio catálogo de las mismas (Driver y otros, 1985). La mayor parte de los trabajos realizados hasta ahora se han ocupado de analizar cuáles son esas ideas, comprobándose también su persistencia a lo largo de los años a pesar de la enseñanza recibida en las instituciones escolares. El intento de superarlas ha dado lugar a nuevas estrategias de enseñanza

y ya se tienen datos sobre los resultados conseguidos con las mismas, resultados que permiten un moderado optimismo ante el intento de cambiar las ideas previas de los alumnos (Furió, 1986).

Descripción de la experiencia

En el contexto ya señalado, intentamos comprobar si es posible conseguir un aumento en los procesos de cambio conceptual (Hewson, 1981; Posner y otros, 1982), cuando se utilizan materiales de enseñanza diseñados teniendo en cuenta cuáles son las ideas previas de los alumnos y se evita un tratamiento «superficial» de los temas (Carrascosa y Gil, 1985). Hemos escogido el concepto Fuerza por considerar que juega un papel básico en el currículo y por ser uno de los que presenta unas ideas previas más persistentes y difíciles de cambiar.

La idea previa de los alumnos que ha sido más estudiada es la asociación que hacen entre fuerza y movimiento (Viennot, 1979; Clement, 1983; Sebastiá, 1985). Para ellos, siempre que hay movimiento es porque hay una fuerza en la dirección del movimiento. El valor de dicha fuerza lo consideran relacionado con la velocidad, estableciéndose una proporcionalidad entre fuerza y velocidad en lugar de entre fuerza y aceleración. Viennot señala que los alumnos consideran que existen dos tipos de fuerzas, unas que se podrían denominar fuerza *sobre* los objetos y otras que serían las fuerzas *de* los objetos. En nuestra opinión esas «fuerzas de los objetos» son las causantes de los errores conceptuales que tienen los alumnos en este tema. Esa idea está en absoluta contradicción con el significado científico del concepto fuerza, magnitud que mide la interacción entre dos cuerpos.

Nuestros materiales didácticos han sido diseñados resaltando la noción de que la fuerza es la medida de la interacción entre dos cuerpos y que no tiene sentido hablar de la fuerza de un cuerpo; siempre que existe fuerza es porque existen dos cuerpos que interactúan, de modo que si sobre un cuerpo se ejerce una fuerza es porque hay otro que la ejerce. En este sentido juega un papel básico la comprensión del tercer principio de la Dinámica, al que generalmente no se le concede gran importancia en segundo de BUP, posiblemente por su

poca «utilidad» a la hora de resolver ejercicios. Otro aspecto que tenemos en cuenta al iniciar el estudio de este concepto es establecer los tipos de interacciones posibles; en este nivel hemos considerado conveniente referirnos únicamente a las gravitatorias y a las electromagnéticas, suficientes para explicar los fenómenos más corrientes. El tener que establecer previamente el tipo de interacción que da origen a una fuerza ayuda a evitar que se le pueda dotar a un cuerpo de una fuerza a causa del movimiento o por cualquier otro motivo no ortodoxo.

Emisión y fundamentación de la hipótesis

Si tenemos en cuenta que las ideas que tienen los alumnos sobre el concepto fuerza se originan en la interpretación que hacen de los fenómenos y experiencias cotidianas y no de diferencias en el significado del lenguaje, serán unas ideas previas difíciles de cambiar, (Driver y Erickson, 1983). De todas maneras, el utilizar unos materiales didácticos diseñados teniendo en cuenta estas ideas previas debe influir en los resultados obtenidos. Esto nos lleva a emitir la siguiente hipótesis.

HIPOTESIS: Los alumnos que utilicen una metodología de descubrimiento orientado, con unos materiales didácticos diseñados teniendo en cuenta las ideas previas de los alumnos, conseguirán el cambio conceptual en una proporción mayor que los que utilicen otra metodología en la que no se haya tenido en cuenta las ideas previas.

Muestra y obtención de datos

La muestra estaba compuesta por 94 alumnos que siguieron los materiales diseñados por nosotros y que para simplificar llamaremos experimental (EXP), repartidos en tres grupos con tres profesores diferentes. Los alumnos que siguieron otra metodología fueron 105, y los llamaremos de Control. Estaban divididos en 4 grupos, impartidos por dos profesores distintos. Todos los alumnos pertenecen a centros públicos de bachillerato, estando distribuidos en los grupos sin haberse atendido a ninguna consideración de rendimiento o de capacidad intelectual, por lo que podemos

suponer en primera aproximación que las muestras eran homogéneas en ese sentido.

Los datos fueron obtenidos mediante una prueba de 5 items, que para evitar el efecto de la memorización mecánica se pasó a los alumnos al menos 6 semanas después de haberse impartido la enseñanza, sin avisarles previamente del día en el que iban a realizar la prueba. Ninguno de los items tenía una redacción ni representaba una situación idéntica a las analizadas en las clases de los grupos experimentales.

La prueba la recogemos en el anexo-1 y con cada uno de los items pretendíamos comprobar lo siguiente:

Item 1: Capacidad para identificar las fuerzas presentes en una situación relativamente simple.

Item 2: Consideración de la igualdad de las dos fuerzas presentes en una interacción.

Item 3: Independencia de la interacción gravitatoria de la posición.

Item 4: Asociación de la fuerza con el movimiento.

Item 5: Identificación de las dos fuerzas que forman una pareja en el sentido que dice la tercera ley de Newton.

Los resultados obtenidos, con los criterios de corrección recogidos en el anexo-2 son los siguientes:

	Experimental	Control
Item 1	29/(55)	0/(11)
Item 2	73	3
Item 3	84	54
Item 4	32	3
Item 5	52	13

Fig. 1. Porcentaje de respuestas correctas.

Items	Experimentales			Control	
	Prof. 1	Prof. 2	Prof. 3	Prof. 1	Prof. 2
1	25 (53)	41 (62)	18 (50)	0 (9)	0 (14,6)
2	84	65	71,4	5,3	0
3	88	74	93	54,4	54
4	44	18	36	5,3	0
5	50	47	61	14	12,5

Fig. 2. Porcentaje de respuestas correctas, desglosados por grupos de alumnos con profesor diferente.

Los números entre paréntesis del primer item corresponden al segundo criterio de corrección que está recogido en el anexo 2.

Análisis de las respuestas

En este tipo de investigaciones, aunque es interesante el aspecto cuantitativo, quizás lo sea aún más analizar los tipos de respuestas que dan los alumnos, intentando detectar en las mismas aquellos errores que se repiten y procurando encontrar el origen de los mismos. Podemos decir que las características más comunes que hemos encontrado son:

1: Identificación de fuerzas

En primer lugar señalar la dificultad de una tarea que aparentemente es sencilla. Tanto los alumnos de los grupos experimentales, donde los errores alcanzan el 70% como los de control, en los que no hay ningún alumno que sea capaz de identificar las 5 fuerzas presentes y

representarlas correctamente, encuentran verdaderos problemas para resolver este item.

Las fuerzas «olvidadas» con mayor frecuencia son las que corresponden a la interacción caja-muelle y a la interacción suelo-muelle. Pocos alumnos dibujan la fuerza que tiene que hacer el suelo para sostener al muelle, lo que está de acuerdo con los datos de otros autores (Minstrell, 1982), que también han observado como los alumnos no consideran la necesidad de la existencia de fuerzas que sostengan las cosas. Un libro que está sobre una mesa no se cae, sencillamente porque la mesa está «ahí». El muelle no cae porque está sobre el suelo, no siendo necesario buscar ninguna explicación más. El olvido de estas fuerzas es menor en el caso de los alumnos de los grupos experimentales que entre los alumnos de los grupos de

control posiblemente como resultado de que en las actividades de clase se había discutido ese problema.

Entre los alumnos de los grupos de control son frecuentes aquéllos que sólo identifican dos fuerzas, las correspondientes a los pesos de la caja y del muelle. Además casi todos estos alumnos, a pesar de que la pregunta era: «fuerzas que actúan sobre la caja y fuerzas que actúan sobre el muelle», escriben en su respuesta literalmente lo siguiente: «... fuerza de la caja = $m g = 98 \text{ N}$ (la mayoría 100 N) ... fuerza del muelle = $m g = 9,8 \text{ N}$ (la mayoría 10 N)»

Estas fuerzas no se ven como resultado de la interacción entre la caja o el muelle con la Tierra, sino más bien como una propiedad de la caja o del muelle. No resulta extraño, por tanto, que olviden la interacción que existe entre la caja y el muelle.

Entre los alumnos que han seguido los materiales experimentales se observa un error de tipo opuesto; en este caso se dibujan más fuerzas de las que realmente se preguntan. Se dibuja la fuerza que hace el muelle sobre el suelo además de la que hace el suelo sobre el muelle, así como la fuerza que hace la caja sobre la tierra, cuando únicamente se preguntaba las fuerzas que actuaban sobre la caja. Es una cuestión que hemos tenido en cuenta en la reforma de los materiales didácticos.

Creemos destacable un aspecto, que no hemos encontrado reseñado en la bibliografía, sobre la dificultad que tienen los alumnos para representar correctamente las fuerzas. Más del 25% de los alumnos de los grupos experimentales y todos los que identifican las fuerzas en los grupos de control, colocan inadecuadamente el punto de aplicación de la fuerza. De este modo, a pesar de escribir «... fuerza que hace el muelle sobre la caja...», el alumno representa la fuerza aplicada en el muelle y no en la caja. De la misma manera escriben, «... fuerza que hace el suelo sobre el muelle», y la dibujan aplicada en el suelo. Estos cambios en los puntos de aplicación de las fuerzas no nos parecen casuales o anecdóticos. Nosotros lo interpretamos con un vestigio de la idea de que la fuerza es algo propio de los cuerpos; por eso, cuando el alumno representa sobre el muelle la fuerza que éste hace sobre la caja, de alguna manera está considerando que la fuerza es

algo que pertenece al muelle con la que éste empuja, siendo lógico pues, representarlo sobre el mismo muelle.

2: Igualdad de las fuerzas presentes en una interacción

Nuevamente los porcentajes de aciertos no dejan lugar a dudas. Prácticamente ningún alumno de los grupos de control contesta correctamente este ítem, mientras que aproximadamente 3 de cada 4 alumnos de los grupos experimentales dan una respuesta acertada.

La inmensa mayoría de los alumnos de los grupos de control, indican en el apartado 2.1. que la fuerza «del» balón es o igual o menor que la fuerza «del» cristal. Esto a pesar de que en la redacción de la cuestión se habla de la «fuerza que hace» y nunca de «la fuerza de». Los alumnos justifican la igualdad de las fuerzas por el hecho de que el cristal no se rompe, siendo la misma razón utilizada por los que dicen que la fuerza es menor. En el apartado 2.2 más del 90% de los alumnos de los grupos de control dicen que la fuerza del balón es mayor que la fuerza del cristal y por eso es capaz de romperlo. Al considerar que el balón tiene una fuerza y el cristal otra, los alumnos no comparan las dos fuerzas presentes en la interacción sino dos propiedades de dos cuerpos diferentes, pelota y cristal. Los alumnos que razonan de este modo ven lógico que cuando el cristal no se rompe ambas fuerzas sean iguales ya que el balón no gana al cristal. Cuando el balón es capaz de romper al cristal es porque la fuerza que éste tiene es superior a la que tiene el cristal. Se confunde causa con efecto y se asignan las fuerzas a cada cuerpo como si fueran una propiedad del mismo.

Un aspecto destacable en las respuestas de los alumnos de los grupos de control es que un gran porcentaje, más del 50%, hacen mención en sus respuestas a la tercera ley de Newton. Estos alumnos señalan en su contestación al apartado 2.1 que ambas fuerzas son iguales porque la fuerza de acción es igual a la fuerza de reacción. Los mismos alumnos, inmediatamente después, en el apartado 2.2 dicen que la fuerza del balón es mayor que la del cristal, e incluso algunos, aunque éstos son una minoría, se contradicen al decir que la fuerza de acción es mayor que la de reacción. Lo que sí parece claro es que no ha sido asumida la

igualdad de ambas fuerzas en todas las situaciones, lo cual evidencia que no ha sido comprendida la tercera ley de Newton.

Hemos observado que todos los alumnos que hablan de la fuerza de acción, en los grupos de control, la localizan siempre en el balón, que para ellos es el agente causal en esta situación. Es también frecuente encontrar entre las respuestas de estos alumnos los que dicen que el cristal no tiene fuerza puesto que está quieto mientras que el balón sí la tiene porque se está moviendo.

3: Independencia de la interacción gravitatoria de la configuración geométrica

En este ítem, dada su gran facilidad, los resultados han sido mejores tanto en los grupos experimentales como en los de control, aunque sigue existiendo una clara diferencia favorable a los primeros. La principal causa de error ha sido la confusión entre la fuerza y la presión, señalando los alumnos que cuando la sartén está sobre la tabla la fuerza es menor debido a que está más repartida. Puede verse claramente la confusión, ante la utilización del término fuerza con un significado equivalente al de presión.

Hemos encontrado también respuestas de alumnos que dicen que la gravedad actúa cuando la sartén esta colgada del cáncamo, dando a entender que entienden como cosa diferente lo que es la gravedad y lo que es el peso, o bien que consideran que la gravedad actúa sólo en determinadas condiciones y no en otras.

4: Asociación fuerza-movimiento

Aún con la salvedad de que sólo se ha utilizado un ítem para analizar la que es considerada como la idea previa más relevante, los resultados son claro exponente de la dificultad que tiene erradicar esa idea. Las respuestas preferidas por los alumnos son la número 3 y la número 2, opciones en las que hay claramente una fuerza en la dirección del movimiento. Es destacable el que prácticamente ningún alumno escogiera la opción correcta entre los de los grupos de control, mientras que 1 de cada 3 alumnos daban la respuesta adecuada en los grupos experimentales. Hay que señalar que los alumnos de los grupos

experimentales no habían estudiado nada del movimiento circular y ni siquiera habían estudiado el segundo principio de la Dinámica. El razonamiento que utilizan para escoger la opción 1, es que como la fuerza es el resultado de una interacción y ahí la única interacción posible es con el Sol, pues la única fuerza que existe sería la que el Sol ejerce sobre la Tierra.

5: Identificación de las dos fuerzas que forman una pareja en el sentido que lo dice la tercera Ley de Newton.

Los bajos porcentajes de respuestas correctas en los grupos de control puede ser debido a que no se le haya concedido una relevancia especial a la tercera ley de Newton en la enseñanza que habían recibido. Para los del grupo experimental, dado que nos parece un aspecto importante, ya que el determinar las dos fuerzas existentes en toda interacción ayuda a combatir la idea previa de que la fuerza es una propiedad de los cuerpos, los resultados han sido mucho mejores.

Aunque hay un porcentaje elevado de alumnos que no contesta a esta cuestión, el error más frecuente entre aquéllos que dibujan dos fuerzas, es hacerlo sobre el mismo cuerpo, tipo de respuesta coincidente con lo que ya se había observado en otros trabajos (Terry, 1986). Es muy frecuente que las dos fuerzas dibujadas sean:

- la fuerza con la que la tierra atrae a la bola.
- fuerza con la que la cuerda sostiene a la bola.

Ambas fuerzas son efectivamente iguales y de sentido contrario, pero no constituyen una pareja de fuerzas en el sentido que lo dice la tercera ley de Newton, pues cada una de ellas pertenece a una interacción diferente, una de origen gravitatorio y otra de origen electromagnético.

Conclusiones e implicaciones para la enseñanza

En primer lugar la significativa diferencia de resultados a favor de los alumnos que han seguido los materiales diseñados teniendo en cuenta la existencia de ideas previas, hace que podamos considerar verificada la hipótesis que queríamos comprobar. Esto nos reafirma en la

conveniencia de diseñar este tipo de materiales. Nos parece importante señalar que los alumnos de los grupos de control habían recibido enseñanza sobre el concepto fuerza, el segundo y el tercer principio de la Dinámica, etc. Pero la comparación es aún más clara si tenemos en cuenta que los resultados de dos grupos de alumnos de C.O.U. de uno de los centros en los que estudiaban los alumnos de los grupos de Control, obtuvieron resultados prácticamente similares a los de los alumnos de los grupos de segundo. Las diferencias entre los resultados no pueden por lo tanto atribuirse a diferencias en currículo seguido por unos u otros alumnos.

Con la necesaria reserva, dado que las muestras no son todo lo amplias como para permitir afirmarlo con rotundidad, los resultados parecen indicar que las diferencias son atribuibles más a las diferencias metodológicas que a las diferencias entre los alumnos o entre los profesores. Así los resultados obtenidos por los alumnos de los grupos de control, a pesar de que eran de centros diferentes y lógicamente con profesores diferentes, son prácticamente idénticos. Entre los alumnos que siguieron los materiales experimentales se observan diferencias apreciables en algunos ítems, como en el número 1 en el que los resultados de los alumnos del profesor 2 son mejores, o en el ítem 4 en el que por el contrario los resultados son significativamente más bajos. Estas diferencias se explican porque, a pesar de que se han utilizado los mismos materiales, la dinámica de la clase tiene una estructura flexible, acomodando el profesor el ritmo de la misma a las manifestaciones de los alumnos. La influencia del profesor es pues, un factor a tener en cuenta, sobre todo cuando en un tema se están investigando nuevas líneas didácticas.

Podemos hacer algunas consideraciones al hilo de las observaciones que hemos realizado en el transcurso de nuestro trabajo. En primer lugar, conviene reflexionar sobre la facilidad que muchas veces creemos los profesores, tienen las tareas que se les proponen a los alumnos. El ejemplo de la identificación de las fuerzas presentes en situaciones simples, o la misma colocación del punto de aplicación de estas fuerzas, creemos que evidencia claramente lo que queremos decir. Es necesario plantear las actividades destinadas a clarificar

ese tipo de ideas que son básicas en la formación de los conceptos.

Es necesario remarcar cómo algunas ideas son especialmente persistentes, como ejemplo la asociación entre fuerza y movimiento. Es necesario plantearse una estrategia a lo largo de varios cursos para intentar conseguir el cambio conceptual en un porcentaje alto de alumnos.

Creemos haber comprobado que la idea que tienen los alumnos sobre la fuerza como una propiedad de los cuerpos puede ser el origen y la causa de una gran parte de las dificultades que tienen para llegar a comprender correctamente este concepto. Será pues necesario plantear las actividades encaminadas a conseguir ese cambio por la interpretación más correcta de la fuerza como la medida de la interacción entre dos cuerpos. En este sentido son convenientes aquellas actividades que están dirigidas a la comprensión de la tercera ley de Newton.

En el mismo sentido de intentar cambiar la visión de la fuerza como una propiedad de los cuerpos y no como una interacción, está la confusión entre fuerza y energía. (Hierrezuelo y Molina, 1987). El alumno ve que los cuerpos tienen una propiedad que les permiten «hacer más o menos cosas», así un balón que se lanza con mucha velocidad puede hacer más cosas que si se lanza lentamente. El alumno lo interpreta diciendo que el balón tienen más fuerza cuando va más rápido. Se contribuye a que abandone esta idea cuando se le da otra magnitud que sustituya a lo que él llama fuerza; esa magnitud es la energía. Pero esto, que tuvo sus dificultades cuando a lo largo de la Historia de la Ciencia, los científicos tuvieron que diferenciarlas, no podemos pretender que lo hagan los alumnos autónomamente o por algún procedimiento inductivo (Hodson, 1985). Hay que orientarles para que puedan llegar a comprenderlo y a sustituir su idea de fuerza por la de energía, con lo cual conseguimos que se diferencien ambos conceptos.

Respecto a la forma en la que comúnmente se expone la tercera ley de Newton tenemos algunas reservas que varias de las respuestas de los alumnos nos han reafirmado. Generalmente se habla de las dos fuerzas, la de acción y reacción que son iguales y de sentido contrario. A nosotros nos parece que estas dos palabras, acción y reacción, contribuyen en cierta

medida a la confusión, ya que dan cierta idea de secuenciación temporal, (la acción parece preceder a la reacción), y también parecen definir un agente activo (el balón en el ítem 2) y un agente pasivo (el cristal en el mismo ejemplo). Todo esto nos parece que contribuye a que no se vean las dos fuerzas como resultados de la misma interacción sino más bien como dos propiedades diferentes que corresponden a acciones distintas.

Por otro lado, los resultados indican que no se insiste lo suficiente en el hecho de que las dos fuerzas que forman pareja según la tercera ley de Newton actúan sobre cuerpos diferentes aunque sean resultado de la misma interacción. En este sentido, creemos que puede contribuir a mejorar estos resultados, pedirles a los alumnos, que al identificar las fuerzas que actúan en un determinado sistema señalen el origen de cada una de ellas, gravitatoria o electromagnética, siendo necesario que el origen de dos fuerzas que compongan una pareja en el sentido de la tercera ley de Newton sea el mismo.

Reflexiones finales

La consideración de las ideas previas en la confección de los materiales didácticos se muestra como un factor que favorece el proceso de cambio conceptual por parte del alumno, o lo que es lo mismo facilita el aprendizaje significativo de los conceptos básicos de la ciencia. Pero además, parece evidente que ejerce su influencia sobre otros factores de la enseñanza. Punto fundamental es la confección del currículo, en cuya elaboración deberá tenerse en cuenta no sólo la estructura lógica de la disciplina, sino que también deben tenerse en cuenta las ideas que ya tienen los alumnos y cómo podrán influir en el proceso de aprendizaje.

Por último, pero también de gran importancia, vemos que el estudio y análisis de las ideas previas de los alumnos, juega un papel motivador en la actividad de los profesores, que se hacen protagonistas de su acción educativa, no ya en el sentido del intermediario eficaz de exigencias curriculares extrínsecas, sino como una forma de investigación en la acción, por lo que supone la creación y evaluación de nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje, y comporta una gratificación y una mayor capacita-

ción en su labor docente. Además, es una manera de profundizar en el conocimiento de la materia, pues aunque resulte sorprendente, en numerosas ocasiones los profesores seguimos manteniendo ideas que coinciden en gran parte con las de los alumnos y que no se adecúan a la interpretación científica correcta que deseamos enseñar.

ANEXO - 1

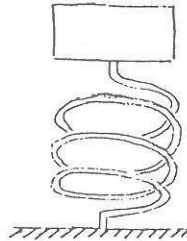
1. Dibuja las fuerzas que actúan:

a) sobre la caja

b) sobre el muelle

masa caja = 10 kg; masa muelle = 1 kg.

Indica el valor de cada fuerza



2: Un balón lanzado por un niño golpea un cristal.

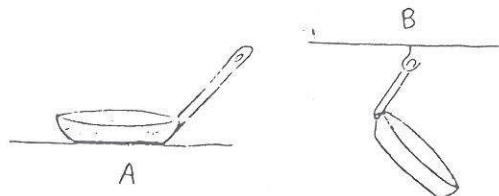
2.1. Suponiendo que el cristal NO se rompe, ¿la fuerza que hace el balón sobre el cristal es mayor, igual o menor que la que hace el cristal sobre el balón? Explica la respuesta.

2.2. Suponiendo que el cristal SI se rompe, ¿la fuerza que hace el balón sobre el cristal es mayor, igual o menor que la que hace el cristal sobre el balón? Explica la respuesta.

3. Queremos colocar una sartén y podemos hacerlo de dos maneras.

A) Poniéndola encima de una tabla

B) Colgándola de un cáncamo que se encuentra en la parte inferior de la tabla.

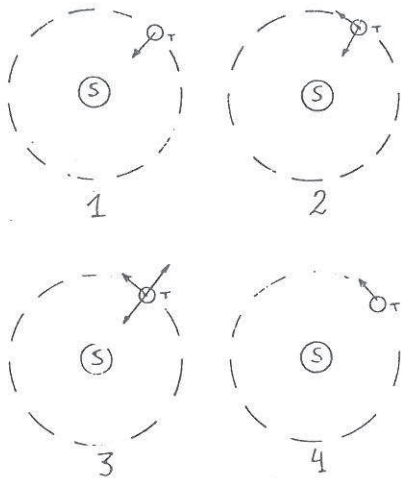


La fuerza que tiene que hacer la tabla para sostener a la sartén será:

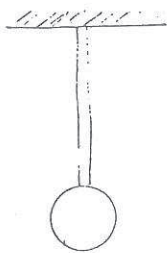
- mayor en el caso A que en el B

- igual en el caso A que en el B
 - menor en el caso A que en el B
- Explica tu respuesta.

4. La Tierra está girando alrededor del Sol con una velocidad que podemos suponer constante. ¿Cuál de los siguientes dibujos crees que representa mejor la fuerza o fuerzas que actúan sobre la tierra? Explica tu respuesta.



5. Una bola cuelga de una cuerda amarrada al techo, tal como representamos en el dibujo. Representa DOS fuerzas que formen pareja en el sentido que lo dice la tercera ley de Newton. Explica la respuesta.



ANEXO - 2

Criterios de corrección

ITEM 1:
La contestación correcta de este ítem supone la identificación de las siguientes fuerzas:

- a) sobre la caja
 - fuerza de atracción de la Tierra sobre la caja (peso de la caja: 98 N).
 - fuerza que el muelle ejerce sobre la caja, de sentido contrario al peso y del mismo valor: 98 N.
- b) sobre el muelle
 - fuerza de atracción de la Tierra sobre el muelle (peso del muelle: 9,8 N).
 - fuerza que la caja ejerce sobre el muelle, dirigida hacia abajo, cuyo valor es de 98 N. (El valor coincide con el peso de la caja, pero esa fuerza NO es el peso de la caja).
 - fuerza que el suelo hace para sostener al muelle, dirigida hacia arriba, cuyo valor es 98+9,8 N.

En la corrección del ítem hemos utilizado dos criterios diferentes para considerar correctas las respuestas de los alumnos.

Criterio 1: El alumno identifica correctamente al menos cuatro de las cinco fuerzas descritas, dibujándolas aplicadas en el cuerpo correcto.

Criterio 2: Basta con identificar cuatro de las cinco fuerzas, aunque los puntos de aplicación de algunas no estén correctamente colocados.

ITEM 2

Se consideran correctas aquellas respuestas que consideran iguales, tanto en el apartado 2.1 como en el 2.2, las fuerzas que ejerce el balón sobre el cristal y la que ejerce el cristal sobre el balón. En la explicación deberán hacer referencia de alguna forma a la tercera ley de la Dinámica.

ITEM 3

La respuesta correcta es la que indica que son iguales la fuerza que ejerce la sartén sobre la tabla en ambas situaciones, ya que esa fuerza únicamente depende del peso de la sartén, que es el mismo en los dos casos.

ITEM 4

La opción correcta es la número 1, ya que la única interacción que existe es la que hay entre la Tierra y el Sol.

ITEM 5

Pueden señalarse algunas parejas de fuerzas correspondientes a las siguientes interacciones:
bola-Tierra; bola-cuerda; cuerda-techo.

También consideramos como respuestas correctas aquéllas que dibujan las dos fuerzas correspondientes a una interacción bola-techo, aunque ésta sería muy débil pues su origen es gravitatorio. En las respuestas de los alumnos se observa que se refieren a esta interacción de una forma que podíamos considerar sustitutiva de la interacción bola-cuerda.

Son requisitos imprescindibles para considerar correcta una respuesta, el que se dibujen ambas fuerzas (no es suficiente con una descripción escrita de las mismas, aunque ésta sea correcta) y que se observe claramente que ambas fuerzas están aplicadas sobre cuerpos diferentes.

REFERENCIAS

- CARRASCOSA, J., y GIL, D. (1985). La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, pp. 113-120.
- CLEMENT, J. (1983). *Student alternative conceptions in mechanics: a coherent system of preconceptions*. In Helm H. y Novak J. (eds) *Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics*. Ythaea N.Y. Cornell University.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G. (1983). Theories in acción: Some theoretical and empirical issues in the study of student conceptual frameworks in Science *Studies in Science Education* Vol. 10, pp. 37-60.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 4. pp. 3-15.
- DRIVER, R.; GUESNE, E y TIBERGUIEN, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Open University, Milton Keynes.
- FURIO, C. (1986). Un Curriculum de Física y Química para Enseñanzas Medias basado en la investigación didáctica: Primeros resultados. *IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*. Sevilla.
- HEWSON, P.W. (1981). A Conceptual Change Approach to Learning Science *European Journal of Science Education*, Vol 3, pp. 383-396.
- HIERREZUELO, J. y MOLINA, E. (1987). Una propuesta para la introducción del concepto energía en el bachillerato. *II Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas*. Valencia.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*. Vol 20, pp. 10-14.
- MINSTRELL, J. (1982). Explaining the «at rest» condition of an objet *The Physics Teacher*. Vol 20, pp. 10-14.
- OSBORNE, R. y WITTRICK, M. (1985). The generative learning model and its implications for Science Education *Studies in Science Education*. Vol. 12, pp. 59-87.
- POSNER ET AL. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change *Science Education* Vol. 66, pp. 211-227.
- SEBASTIA, J.M. (1984). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes *Enseñanza de las Ciencias*, Vol 2, pp. 161-169.
- TERRY, C.; JONES, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change *European Journal of Science Education*, Vol 8, pp. 291-298.
- VIENNOT, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Hermann, Paris.

SUMMARY

Numerous papers have shown that students possess some alternative explanations which they use in order to understand phenomena that they observe daily. It has also been shown to what extent these preconceived ideas exist, especially in the field of mechanics, despite the education they receive. It seems necessary to consider some strategies which will enable us to see to it that these alternative schema are replaced by others which are more similar to those accepted by science. In this paper, we present the results obtained from a study of the learning process involved with the concept of «force» in the 2nd level of B.U.P. We used a methodology of research which paid special attention to the preconceptions of the students. The results are then compared with the results obtained from a study of the learning process of other students in which no special attention was given to their preconceptions.

RÉSUMÉ

De nombreux travaux ont mis en relief le fait que les élèves disposent de certaines explications alternatives, qu'ils utilisent dans leur compréhension des phénomènes journellement observés. Il a été aussi prouvé que ces idées préconçues sont très persistantes, surtout dans le domaine de la mécanique, et qu'elles se modifient très peu malgré l'enseignement reçu. L'élaboration de stratégies, qui permettent de réaliser le changement de leurs schémas alternatifs pour d'autres, plus conformes à ceux que la science accepte, semble nécessaire. Dans ce travail, nous présentons les résultats obtenus, concernant l'apprentissage du concept «force» au niveau du deuxième cours de B.U.P., en suivant une méthode de «découverte orientée», avec une spécial attention aux idées préconçues des élèves dans une procédure d'apprentissage sans une spécial attention aux idées préconçues.