

Concepciones Intuitivas de los Estudiantes (de Educación Media y la Universidad) sobre el Principio de Acción y Reacción

Intuitives conceptions of the students (high school and the
University) of the action and reaction principle

Miguel Hurtado Ure

*Colegio Universitario "Cecilio Acosta", Los Teques
Edo. Miranda/Instituto Universitario de Tecnología (I.U.T - Los Teques)*

Greta Müller

Instituto Pedagógico de Caracas (Universidad Pedagógica Libertador (U.P.E.L.))

José M. Sebastián

Dpto de Física, Universidad Simón Bolívar

Antonio d' Alessandro Martínez

*Universidad Central de Venezuela, Fac. de Medicina Esc. Luis Razetti
Cátedra de Fisiología A.P. 50587/ Sección de Biofísica y Bioingeniería
Universidad Simón Bolívar, A.P.:89.000*

Trabalho recebido em 19 de janeiro de 1994

Resumen

El presente artículo tiene por objeto detectar las concepciones intuitivas que los estudiantes desarrollan en el área de la Mecánica Clásica específicamente sobre el Principio de Acción y Reacción. Además, se interpretan las ideas que sobre el Principio de Acción y Reacción tienen un conjunto de estudiantes de diferentes niveles educativos. Para lograr esto se elaboró un instrumento de selección múltiple acompañado de respuestas abiertas. Como conclusión se obtuvo que los estudiantes de los diferentes niveles educativos responden a una teoría general, consistente, espontánea e intuitiva que con ligeras variantes es compartida por todos ellos. Esta teoría no se ve afectada por los cursos de Física que el estudiante recibe y a su vez es acomodada dependiendo del tipo de situación física que le sea presentada.

Abstract

The purpose of this paper is to detect intuitives conceptions that the students had developed in the area of the Classical Mechanics, specifically on the Action and Reaction Principle. Furthermore, there was an interpretation of the ideas about the Principle, that the students displayed from the different educational levels. To obtain information, we elaborated a multiple selection instrument with open response. In conclusion, the answer of the different groups are related with a general theory, although with some variations, it was consistent, spontaneous and intuitive, according with the principal idea. This theory was not affected by physics class and it was adapted on the actual physics circumstances.

I. Introducción

El presente trabajo tiene como propósito fundamental: describir, interpretary explicar los conceptos pre-existentes que los estudiantes de los diferentes niveles educativos, desarrollan en el área de la Mecánica Clásica, específicamente sobre el Principio de Acción y Reacción. Este Principio es importante para el desarrollo de esta área de la Física; como es bien sabido, sin su debida comprensión, las otras dos leyes formuladas por Newton cambiarían su significado físico, además que un mejor entendimiento de dicho Principio trae como consecuencia mejoras considerables en el rendimiento de los estudiantes en este tema y en otros afines.

Marco Teorico

Hasta hace poco tiempo las dificultades encontradas en la enseñanza de conceptos eran atribuidas a factores tales como: poca habilidad del estudiante en determinados procesos cognitivos o a la ubicación de éste, en estadios de desarrollo inferiores a los necesarios para la adquisición del concepto enseñado. (Sebastiá 1983)

Actualmente se ha comenzado a reconocer que el aprendizaje se produce como resultado de una interacción entre lo que enseña el profesor y/o se estudia en los libros de texto y los conceptos pre-existentes en la mente del estudiante (Ausubel 1968); esto conlleva a la modificación parcial o total de la estructura cognitiva del estudiante, ya que "posiblemente el aprendizaje debe ser contemplado como un proceso de cambio conceptual donde el punto neurálgico está en el mecanismo que hace cambiar las concepciones previas del estudiante hacia nuevas ideas" (Sebastiá 1984).

Sin embargo, diversos estudios (Champagne, Klopfer y Anderson 1980, Clement 1982) han destacado que al parecer el factor predominante que dificulta el aprendizaje de conceptos científicos reside en las concepciones que el estudiante ya posee de estos conceptos. Se ha comprobado (Driver 1981) que los estudiantes, cualquiera sea su nivel de desarrollo, poseen una serie de ideas incorporadas en estructuras conceptuales que les proporcionan una comprensión, en ocasiones ingenuas, del mundo que les rodea.

Esta serie de ideas, que posee el estudiante y que constituyen una especie de "ciencia intuitiva": parece interactuar con la enseñanza que pretende llevar a cabo

el profesor o el libro de texto, dificultando el aprendizaje (Watts y Zylbertajn 1981; Gilbert, Osborne y Penshan 1982).

Este conjunto de ideas, que algunos han denominado "marco de referencia alternativo" (Driver y Easley 1978), parece resultar, en ocasiones, tan afianzado que sobrevive a la enseñanza sistemática, representando de esta forma un verdadero desaro a la enseñanza de conceptos científicos.

Hasta el momento todas las investigaciones y teorías que se han venido elaborando en el área de la Mecánica Clásica, toman como tema central las ideas erróneas que tienen los estudiantes acerca del concepto fuerza (Leboutet-Barrel 1976, Viennot 1979, Watt y Zylbertajn 1981, Clement 1982, Whitaker 1983, Sebastiá 1983). Dichos estudios han despertado una serie de preguntas, las cuales se han tomado como punto de partida para esta investigación.

1- ¿ Existe una forma general de concebir el Principio de Acción y Reacción, común a casi todos los estudiantes o por el contrario cada estudiante tiene su concepción individual del Principio?

2- ¿ Cómo cambia la concepción que tienen los estudiantes del Principio de Acción y Reacción luego de cursos sistemáticos de Física?

Marco Metodologico

Los conceptos científicos abstractos no tienen límites definidos y nítidos que les permitan ser manejados y analizados aisladamente (Sebastiá 1983) sino, que más bien, "son términos cargados de teoría y al ser aislado de ella pierden totalmente su significado" (Hanson 1958). Los conceptos tampoco pueden ser separados de otros conceptos, con los que, además de estar relacionados son insolubles o soportados por ellos; por ejemplo, no podemos pensar en el Principio de Acción y Reacción aislado del concepto de fuerza.

En esta investigación se ha considerado como metodología apropiada la presentación a los estudiantes de un determinado evento físico con el cual el estudiante estuviese familiarizado, disponiendo a continuación de tres instantes que muestran por separado las fuerzas que están actuando sobre cada uno de los cuerpos que conforman el sistema y luego las fuerzas que actúan sobre el conjunto; esto se hace con el propósito de identificar de forma explícita las formas de pensar del estudiante

acerca del fenómeno en estudio y del papel que juega el principio de Acción y Reacción dentro de la explicación.

Poblacion a Estudiar

La Mecánica Clásica comienza formalmente a ser enseñada en los últimos años de bachillerato y primeros años de la Universidad, por lo que nuestra investigación se centró en estudiar las interpretaciones que tienen sobre el tema los estudiantes en esta etapa.

El estudio se realizó tomando como variable el nivel educativo, manteniendo las demás variables al azar (sexo, estatus económico, etc) aunque, evidentemente otras variables, tales como la edad están directamente relacionadas con el nivel educativo. Todos los estudiantes encuestados pertenecen a niveles educativos que van desde cursos de bachillerato hasta estudiantes cursantes del 3^{er} semestre de la Licenciatura en Física. A todos los grupos de estudiantes se les aplicó el mismo tipo de instrumento, intentando de esta forma obtener información sobre la extensión y consistencia de los marcos interpretativos de los grupos estudiados.

La muestra global a objeto de estudio estuvo constituida por un total de 150 estudiantes distribuidos de la siguiente forma.

62 estudiantes cursantes del 2^o año del ciclo diversificado mención Ciencias (N_1) (Bachillerato)

32 estudiantes cursantes de Física General I (1^{er} semestre) del Instituto Pedagógico (N_2)

35 estudiantes cursantes de Física General I (1^{er} semestre) de la Licenciatura en Física (N_3)

21 estudiantes cursantes de Mecánica (3^{er} semestre) asignatura perteneciente a la Licenciatura en Física (N_4)

Los Institutos donde se hizo el estudio pertenecen al área Metropolitana de Caracas (Venezuela) y fueron tomados aleatoriamente para evitar atribuir los resultados a variables locales (profesor, clase social, etc.)

Instrumento

El instrumento para estudiar la visión interpretativa de los estudiantes consta de cinco (5) situaciones físicas que representan básicamente dos tipos de problemas, las interacciones a distancia, ubicadas en el instrumento como situaciones 1 y 2 y la interacción por contacto ubicadas como situaciones 3, 4 y 5.

Las situaciones 1 y 2 representan el movimiento del cuerpo sometido únicamente al campo gravitatorio terrestre. La situación N^o 1 representa a un paquete que cae desde cierta altura la segunda situación indica a la Luna girando alrededor de la Tierra. El objetivo de colocar ambas situaciones es el de detectar si los estudiantes de los diferentes niveles educativos interpretan ambos fenómenos como equivalentes desde el punto de vista de las fuerzas que actúan.

Las situaciones 3, 4 y 5 están referidas a problemas físicos con condiciones de ligadura donde la situación N^o 3 representa a un hombre empujando a una "gran" piedra la cual no se mueve y el hombre tampoco.

La situación N^o 4 se refiere a un hombre empujando un auto, aquí los dos cuerpos se mueven y la situación N^o 5 representa a dos niños de diferentes masas y edades, montados cada uno sobre patines, enfrentados y empujándose el uno al otro.

El objetivo de colocar estas tres situaciones es la de indagar si los estudiantes interpretan de forma análoga el reposo y el movimiento, y el de ver como relacionan las masas de los cuerpos con la magnitud de las fuerzas intervinientes.

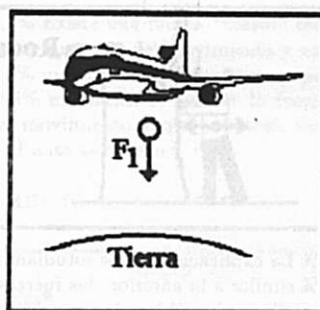
En todas las situaciones se representan tres instantes, en los instantes 1 y 2 se piden la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre cada cuerpo por separado y en el instante N^o 3 la interacción en conjunto. Esto se hizo con la intención de observar la consistencia y fortaleza de las respuestas dadas por los estudiantes. Para cada instante se ofrecen cinco alternativas y el estudiante debe seleccionar una de ellas y justificar la selección.

Presentacion de los Resultados

Los resultados obtenidos en nuestra investigación fueron los siguientes (los 5 indicados son los correspondientes a la alternativa dominante, a la cual corresponde la figura y la explicación que aparece al lado, que en todos los casos es la misma, excepto cuando se indique lo contrario):

Situación N^o 1: Un avión que deja caer un paquete (roce del aire es cero)

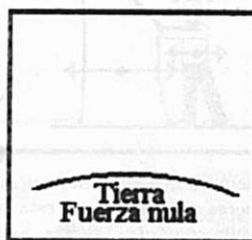
Instante 1A (fuerza(s) sobre el paquete)



"alternativa dominante"

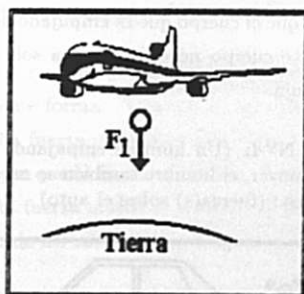
- N.1 = 83,9% Justificación de los estudiantes a
 N.2 = 56,7% la alternativa dominante.
 N.3 = 97,1% Si el cuerpo está cayendo, únicamente
 N.4 = 85,7% debe existir una fuerza en esa dirección y sentido.

Instante 1.B: (fuerza(s) sobre la Tierra)



- N.1 = 72,4% Sobre la Tierra no existen fuerzas
 N.2 = 48,2% aplicadas, la razón radica en que el
 N.3 = 78,5% cuerpo que "cae" por ser tan pequeño
 N.4 = 50% no puede ejercer fuerzas sobre la Tierra, además es el paquete el que se mueve, no la Tierra.

Instante 1.C: (fuerza(s) sobre el conjunto)



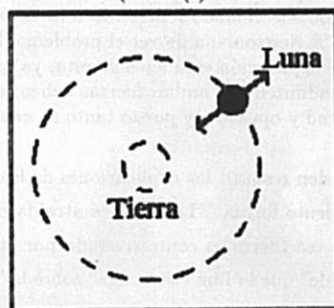
- N.1 = 42,9% El paquete está "cayendo" por lo
 N.2 = 53,8% tanto debe existir una fuerza en dicha
 N.3 = 44% dirección y sentido y por el hecho de
 N.4 = 40% ser la Tierra "más grande" que el paquete tiene que ejercer una fuerza mayor que la "posible"

fuerza que el paquete pueda ejercer sobre la Tierra.

Se pueden resumir las explicaciones de los alumnos de la siguiente forma: "Cuando un cuerpo "cae", solo existe una fuerza aplicada sobre éste, que es la de atracción gravitatoria, y este cuerpo "no puede" ejercer una fuerza contraria a su movimiento (relación fuerza-movimiento). A su vez, si la Tierra "siente" una fuerza, ésta se debe equilibrar con otra fuerza para dar una resultante nula; la fuerza que "siente" el cuerpo es mayor que la fuerza que "siente" la Tierra por ser ésta más grande, admitiéndola como la razón por la cual los cuerpos caen.

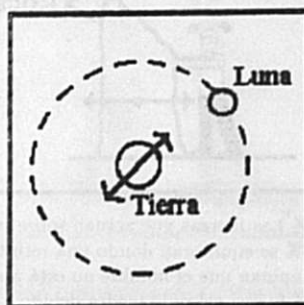
Situación N° 2: La Luna girando alrededor de la Tierra.

Instante 2A: (fuerza(s) sobre la Luna)



- N.1 = 36,6% Sobre la Luna debe haber un equilibrio
 N.2 = 41,9% de fuerzas debido a que "siempre
 N.3 = 57,6% observamos" a la Luna a la misma
 N.4 = 42,9% distancia de la Tierra, es decir la Luna no "cae" sobre la Tierra

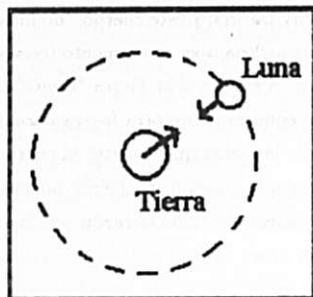
Instante 2B (fuerza(s) sobre la Tierra)



- N.1 = 45,6% Similar a la explicación anterior.
 N.2 = 36,7% En el caso (*), éste porcentaje

N.3 = 62% corresponde a la alternativa señalada
 N.4 = 15% (*) pero la dominante en este grupo es la newtoniana aunque la explicación no lo es similar a la explicación dada por el resto de los grupos.

Instante 2C: (fuerza(s) sobre el conjunto)

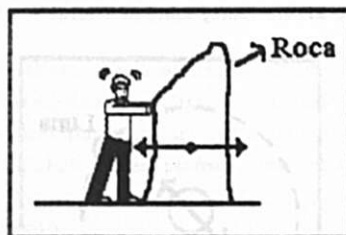


N.1=64,6% Aunque el diagrama de fuerza
 N.2= 63,3% seleccionado representa a la visión
 N.3= 56,7% Newtoniana de ver el problema, la
 N.4= 81% explicación está lejos de ésta, ya que los estudiantes admiten que ambas fuerzas deben ser iguales en magnitud y opuestas y por lo tanto se *anulan*.

Se pueden resumir las explicaciones de los alumnos de la siguiente forma: "La Luna es atraída por la Tierra, pero esa fuerza es contrarrestada por otra fuerza que "impide" que la Luna se "caiga" sobre la Tierra. A su vez esta misma interpretación se aplica para el caso de la Tierra".

Situación Nº 3: Un hombre empujando una piedra, la cual no se mueve

Instante 3A: (fuerza(s) sobre la piedra)



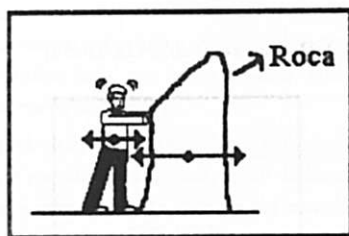
N.1= 75,4% Las fuerzas que actúan sobre la piedra
 N.2= 80, 6% se equilibran dando una resultante nula,
 N.3= 60% opinan que el hombre no está aplicando
 N.4= 47,6% fuerza sobre la piedra debido a que ésta es muy pesada, por lo tanto el hombre no la puede mover.

Instante 3B: (fuerza(s) sobre el hombre)



N.1 = 51,6% La explicación de los estudiantes es
 N.2 = 56,2% similar a la anterior: las fuerzas que
 N.3 = 40% actúan sobre el hombre se equilibran
 N.4 = 33,4% dando una resultante nula, además la piedra "no puede" ejercer fuerza sobre el hombre debido a que no se ve el efecto de esta sobre el hombre.

Instante 3C: (fuerza(s) sobre el conjunto)

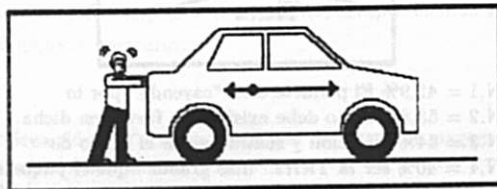


N.1= 74,1% Siempre que el hombre ejerza una
 N.2= 71,9% fuerza sobre la piedra esta fuerza se
 N.3= 91,2% anula con "otra" fuerza "interna"
 N.4= 85,7% de la piedra y siempre que la piedra ejerza una fuerza sobre el hombre esta se va anular con una fuerza interna del hombre, por lo tanto los cuerpos no se mueven.

Se puede resumir la explicación de los estudiantes de la siguiente forma: Cuando un cuerpo está en reposo no hay fuerza actuando sobre él o estas se anulan, por el hecho de que el cuerpo que es empujado no se mueve, a su vez este cuerpo no ejerce fuerza sobre el cuerpo que lo empuja.

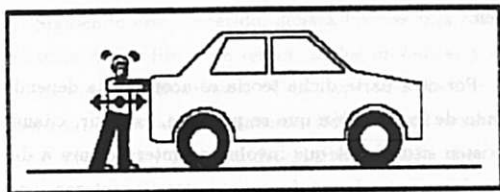
Situación Nº4: (Un hombre empujando un auto el cual logra mover, el hombre también se mueve)

Instante 4A: (fuerza(s) sobre el auto)



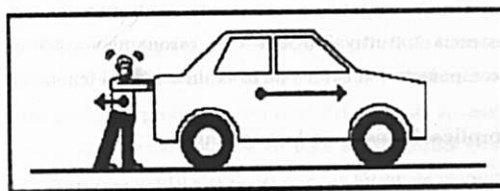
N.1 = 84,7% Existe una fuerza "mayor" en la
 N.2 = 81,3% dirección del movimiento y una mucho
 N.3 = 88,6% menor a la anterior que se opone al
 N.4 = 90,5% movimiento, por ser la fuerza en la di-
 rección del movimiento mayor esto trae como consecu-
 encia que el auto se mueva.

Instante 4B: (fuerza sobre el hombre)



N.1 = 73,2% La explicación de los estudiantes es
 N.2 = 74,2% similar a la anterior
 N.3 = 88,2%
 N.4 = 85,8%

Instante 4C: (fuerza(s) sobre el conjunto)

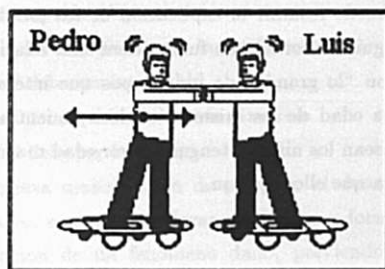


N.1 = 81,2% Existen dos fuerzas la ejercida por el
 N.2 = 67,8% hombre sobre el carro y la que ejerce
 N.3 = 62,9% el carro sobre el hombre donde la
 N.4 = 85% primera es mayor que la segunda; aquí la
 fuerza es vista como la "capacidad para" hacer algo en
 este caso el movimiento.

Se puede resumir la explicación de los estudiantes de la siguiente forma. "Cuando se empuja un auto va a existir una fuerza en la dirección del movimiento, la cual es mayor que la fuerza producida debido a la interacción, esta fuerza mayor es la responsable del cambio de posición de los cuerpos."

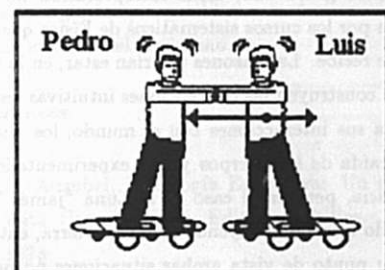
Situación N^o 5: dos niños de diferentes masas y edades montados sobre patines, uno frente al otro, se empujan.

Instante 5A: (fuerza(s) sobre Pedro: más pequeño y menos edad)



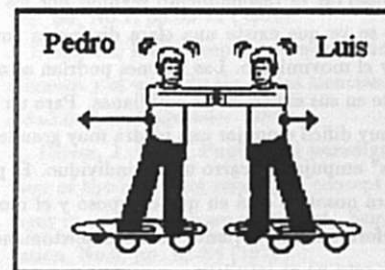
N.1 = 86,7% Existe una fuerza "muy grande" en la
 N.2 = 93,8% dirección del movimiento y otra "más
 N.3 = 86,7% pequeña" contraria a éste que opone
 N.4 = 95,2% cierta resistencia a ser movido. Esto se
 debe a que Luis es más grande que Pedro y tiene mayor
 edad.

Instante 5B: (fuerza(s) sobre Luis)



N.1 = 77,7% La fuerza que ejerce Pedro sobre Luis
 N.2 = 74,2% es más pequeña que la fuerza de
 N.3 = 80% "oposición" de Luis ya que éste es más
 N.4 = 90,5% grande y de mayor edad.

Instante 5C: (fuerza(s) sobre el conjunto).



N.1 = 64,8% La explicación de los estudiantes es
 N.2 = 67,7% similar a los casos anteriores.
 N.3 = 79,3%
 N.4 = 81%

Se puede resumir la explicación de los estudiantes de la siguiente forma: La fuerza tiene una relación directa con "lo grande" de los cuerpos que interactúan y con la edad de los mismos, es decir, mientras más grande sean los niños y tengan mayor edad mayor será la fuerza que ellos aplican.

Análisis de los resultados

Las situaciones 1 y 2 presentan ejemplos de cuerpos sometidos únicamente al campo gravitatorio terrestre (Interacción a distancia), situaciones que desde el punto de vista de la Mecánica Clásica son equivalentes. Pero según las respuestas dadas por los estudiantes estos no ven ambas situaciones como equivalentes y lo que es más grave aún, dicha interpretación no se ve afectada por los cursos sistemáticos de Física que el estudiante recibe. Las razones podrían estar, en la forma como se construyen las concepciones intuitivas, es decir debido a sus interacciones con el mundo, los alumnos ven la caída de los cuerpos y han experimentado esta experiencia, pero en el caso de la Luna "jamás" han observado a la Luna cayendo sobre la Tierra, entonces desde su punto de vista ambas situaciones no pueden ser equivalentes.

Las situaciones 3, 4 y 5 presentan ejemplos de cuerpos sometidos a condiciones de ligadura (interacción por contacto) y se presentan situaciones que son equivalentes desde el punto de vista de la Mecánica Clásica.

Al observar el razonamiento seguido por los estudiantes, se ve que existe una clara distinción entre el reposo y el movimiento. Las razones podrían estar nuevamente en sus experiencias cotidianas. Para un hombre es muy difícil empujar una piedra muy grande pero "no lo es" empujar un carro u otro individuo. El punto clave para nosotros está en que el reposo y el movimiento uniforme desde el punto de vista newtoniano son iguales y esto no es intuitivo.

Conclusiones

A continuación se exponen las conclusiones del análisis de los resultados obtenidos.

1. Los estudiantes de los diferentes niveles educativos, responden a una teoría general, consistente, espontánea o intuitiva que con ligeras variantes es compartida por todos ellos.
2. Esta teoría no se ve afectada notablemente por los cursos sistemáticos de Física que los estudiantes reciben.
3. Por otra parte dicha teoría es acomodada dependiendo de la situación que se presente, es decir, cuando existen situaciones que involucran interacciones a distancia razonan de una forma y de otra las interacciones por contacto.
4. En todos los tipos de interacciones estudiadas, se observa, con ligeras variaciones que aunque los estudiantes de los diferentes niveles educativos no presentan consistencia en el razonamiento cuando están ante la situación en conjunto y por separado, se observa una consistencia "intuitiva" ligada a un razonamiento causal, acompañado con la idea de la explicación del fenómeno.

Implicaciones para la enseñanza

Los resultados que se han obtenido, muestran, sin ninguna duda, que las concepciones espontáneas desarrolladas por los estudiantes, son conservadas de la misma manera aunque las personas logren aprobar muchos cursos de Física. Evidentemente, no se trata de decir solamente que es necesario tomar en cuenta las concepciones previas de los estudiantes, el problema, en el plano pedagógico, es saber cómo hacerlo.

Es por esto que en primer lugar nos debemos detener en la forma cómo se enseña la Física, es necesario dejar de plantearse la enseñanza en términos del material a impartir, sino plantear ¿qué es la Física? y ¿qué es el conocimiento físico?. Si nuestro planteamiento desemboca en un enunciado del tipo: "El alumno estará en la capacidad de poder calcular la fuerza aplicada, una vez conocidas la masa del cuerpo y la aceleración del mismo", entonces toda investigación educativa es inútil. Si por el contrario llegamos a un enunciado aparentemente menos riguroso: "Los alumnos podrán re-

construir lo que ocurre en el movimiento de los cuerpos en términos de un proceso en donde intervienen los conceptos de masa, aceleración y fuerza" entonces debemos seguir adelante y reconocer que la reconstrucción de los fenómenos naturales en términos de procesos, es una actividad intelectual que puede inferirse a partir de lo que hace y dice el alumno.

Seguindo este cometido, deberá hacerse una reorientación de los libros de textos, de los profesores y de los métodos de enseñanza. Con respecto a los libros, coincidimos con algunos autores (Helm 1980; Desautels 1984; Michinel y Dalessandro-Martínez 1993). Los libros de textos habitualmente refuerzan los conceptos intuitivos erróneos que posee el estudiante. Los profesores, también poseen concepciones intuitivas erradas y dificultan la transmisión de la enseñanza del Principio de Acción y Reacción. Este no debería seguirse impartiendo como hasta ahora se ha venido haciendo, es decir el de presentar el enunciado del Principio y luego acompañarlo de un sinnúmero de ejemplos. Consideramos que esta forma de presentar el principio induce a la memorización y no al entendimiento del mismo; por otra parte los problemas sobre el Principio de Acción y Reacción deberían hacerse en base a situaciones cualitativas y no cuantitativas, ya que las fórmulas matemáticas a nuestro entender, ocultan en ocasiones el conocimiento real que el estudiante tiene del fenómeno. A su vez cuando sean presentados los problemas físicos, no debería colocarse de una vez la situación en conjunto, como hasta ahora se ha venido haciendo; sino las situaciones por separado, primero indicando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, luego sobre el otro y después sobre el conjunto, esto aclararía el entendimiento del Principio.

Como podemos ver el problema no es simple, ya que la asimilación de conceptos científicos representa un verdadero cuestionamiento intelectual por parte del alumno. Sin embargo, somos partidarios de que la posibilidad de resolver los problemas es accesible a la inteligencia humana. En este aspecto compartimos los patrones a seguir propuestos por Posner y sus colaboradores (1982). Ellos identifican cuatro condiciones para que una concepción *c* (errónea) sea reemplazada por

otra concepción *c'* (concepción correcta)

- a) *c* debe ser fuente de insatisfacción
- b) *c'* debe ser inteligible
- c) *c'* debe ser inicialmente plausible
- d) *c'* debe ser fructífera.

De esta manera a fin de provocar el desequilibrio cognitivo, es necesario llevar al alumno a formular su concepción de un fenómeno dado, previendo lo que podría suceder en diversas circunstancias, luego colocar al alumno en una situación que contradiga sus hipótesis. De esta manera los alumnos, pueden tomar conciencia de las diferencias que existen entre las previsiones que ellos hacen y aquello, que ellos pueden observar, al mismo tiempo que se crea una fuente de discusión y de cuestionamiento de las concepciones iniciales. En este momento el docente, puede proponer la nueva concepción que posiblemente desterrará la concepción errónea del fenómeno.

References

1. D. Ausubel, *Psicología Educativa: Un punto de vista Cognoscitivo*. Editorial Trillas. México. 1978.
2. A. B. Champagne, L. E. Klopfer, J. H. Anderson, Factor Influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*. Vol. 48, No.12, pp.1074-1079 (1980).
3. J. J. Clement, Students preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*. Vol. 50, No.1, pp.66-71 (1982).
4. J. Desautels, Las concepciones espontáneas de los alumnos y el aprendizaje de las ciencias. Universidad de Laval. Québec. 1984.
5. R. Driver, J. Easley, Pupils and paradigms: a review of the literature related to concept development in adolescent science student. *Science Education*, No.5, pp. 61-84 (1978).
6. R. Driver, Pupils' alternative frameworks in Science. *European Journal of Science Education*. Vol.1, pp.93-101 (1981).
7. J. Gilbert, R. J. Osborne y P. J. Panshan, Children Science and it's consequences for teaching

- Science Education. Vol.66, No.4, pp. 623-633 (1982).
8. N. R. Hanson, *Patterns of discovery*. Cambridge University Press. Cambridge, 1958.
 9. H. Helm, Misconceptions in physics among south african students. *Physics Education*. Vol. 15, No.2, pp.92-97 (1980).
 10. L. Leboutet-Barrel, Concepts of mechanics among young people. *Physics Education*. Vol. 11, No.7, pp.462-465 (1976).
 11. J. L. Michinel y A. J. d'Alessandro-Martínez, Concepciones no formales de la energía en textos para la escuela básica. *Revista de Pedagogía*, Vol. XIV, No. 33, pp. 41-59 (1993).
 12. G. J. Posner, K. E. Strike, P. W. Hewson y W. A. Getzog, Accomodations of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. Vol. 66, No.2, pp.211-227 (1982).
 13. J. M. Sebastiá, Concepciones de la noción de fuerza en estudiantes avanzados. Trabajo de ascenso U.S.B. Departamento de Física 1983.
 14. J. M. Sebastiá, Fuerza y movimiento. La interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*. Vols. No.2, No.3, pp. 161-169 (1984).
 15. L. Viennot, Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*. Vol. No.2, pp. 205-221 (1979).
 16. D. M. Watt y N. A. Zylbertayn, Survey of some ideas about force. *Physics Education*. No.16, pp. 360-365 (1981).
 17. R. J. Whitaker, Aristotle is not dead: student understanding of trayectory motion. *American Journal of Physics*. Vol. No.51, pp. 352-357 (1983).