

## LAS CONCEPCIONES NO NEWTONIANAS EN DINAMICA Y SU INCIDENCIA EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

SILVIA RAGOUT DE LOZANO

Instituto de Física  
Universidad Nacional de Tucumán

MARTA A. CARDENAS

Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Tucumán

VICTOR A. KATZ

Instituto del Profesorado "Nicolás Avellaneda" - Tucumán.

**RESUMEN.** Se investiga la presencia, características y persistencia de concepciones no newtonianas en un amplio espectro de sujetos que han recibido instrucción formal en Dinámica. Se analizan diferentes aspectos del proceso de adquisición de conocimientos, sintetizando posibles causas de las dificultades encontradas. Se proponen algunas estrategias docentes tendientes a contrarrestar el problema.

**SUMMARY.** *The presence, characteristics and persistence of no-newtonian conceptions in a broad spectre of people who have received formal instruction in Dynamics are investigated. Different aspects of the knowledge acquisition process are analyzed and possible reasons for difficulties found are synthesized. Some teaching strategies are proposed to cope with the problem.*

### 1. Introducción

En el presente trabajo investigamos la presencia, características y persistencia de concepciones no-newtonianas en Dinámica.

En nuestra experiencia docente en diferentes niveles (medio, terciario, universitario) encontramos que los alumnos, a pesar de que han recibido instrucción formal en Física, presentan ciertas confusiones, frecuentes y regulares, al explicar el movimiento de los cuerpos.

Este problema nos ha inducido a pensar que tales respuestas estereotipadas se originarían en las concepciones o teorías que los alumnos han elaborado como resultado de la interacción entre:

- su necesidad de explicar el mundo físico que los rodea
- la cultura
- la instrucción formal anterior

- los estímulos del medio
- sus características psicoevolutivas.

Desde la óptica de la corriente cognoscitiva, pensamos que el alumno enfrenta el proceso educativo formal con una estructura previa de conocimientos que condiciona en forma muy acentuada su posterior aprendizaje.

Ya sea que se adopten como referentes teóricos del proceso de enseñanza-aprendizaje (E-A) las líneas propuestas por Piaget, Ausubel, Posner u otros integrantes de la escuela cognoscitiva, interesa en líneas generales lo que sucede cuando el individuo percibe la realidad que lo rodea y la organiza a fin de incorporar la nueva información a su estructura de conocimientos, construyendo nuevos significados.

Según la teoría de Ausubel, la nueva información puede ser aprendida y retenida sólo en la medida en que conceptos relevantes o incluso estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognoscitiva del individuo. Si se acepta esta visión del proceso de aprendizaje, parece fundamental tener un conocimiento detallado de cuáles son las concepciones previas que se presentan con mayor frecuencia en la población estudiantil.

### 2. Planteo del problema y diseño de la experiencia de medición

Nuestro interés se centrará en el análisis de todas aquellas interpretaciones de los fenómenos dinámicos que no son realizadas por los sujetos mediante el empleo de las leyes de la Física formal (tres leyes de Newton de la Dinámica), y a las que llamaremos concepciones no-newtonianas (CNN). Hemos adop-

tado esta denominación por cuanto no compartimos el criterio de otros autores que consideran a estas concepciones "erróneas", "intuitivas" o "espontáneas" indiscriminadamente. La población objeto de nuestro estudio ha estado expuesta a instrucción previa en Física. Esto hace que en las respuestas no válidas dentro del marco de la Física formal, debemos discriminar el origen de estas CNN entre concepciones espontáneas y aprendizajes inadecuados de los contenidos formales, ya sea como consecuencia de una comprensión deficiente por parte del sujeto, o bien como resultado de errores en la transferencia de los conocimientos.

A fin de hacer un estudio descriptivo de las CNN en nuestros estudiantes y egresados, se confeccionó una prueba escrita consistente en ocho ítems que fueron seleccionados y/o adaptados de pruebas cuya validez estadística fue convalidada por otros autores (Sebastiá, 1984 - Abou Halloun, 1985). De esta manera se buscaba realizar un análisis comparativo de los resultados al contrastarlos con los obtenidos por otros autores.

Los ocho ítems seleccionados representan situaciones físicas sencillas que reproducen, en la mayoría de los casos, experiencias reales de los sujetos. Todos los ítems fueron presentados en forma de test de selección múltiple, en los que se debía optar entre varias alternativas, justificando en cada caso la elección.

La prueba escrita fue estructurada de forma tal que para la explicación correcta de los fenómenos físicos propuestos se requiere la aplicación de alguna de las tres leyes de Newton de la Dinámica.

La consigna fue establecer la relación entre el movimiento del cuerpo en cuestión y las diferentes fuerzas aplicadas sobre él.

Destacamos que en el ítem 3 de la prueba, las opciones presentadas están basadas en distintos modelos de interpretaciones: la interpretación newtoniana en sus dos variantes —fuerza

resultante o fuerzas aplicadas— la interpretación aristotélica, la medieval, y la cuasi-estática, o sea fuerzas equilibradas más una fuerza adicional que es la que produce el movimiento, (Sebastiá, 1984).

En el Apéndice I se adjunta la prueba administrada y se incluyen las respuestas correctas en el Apéndice II.

### 3. Composición de la muestra

La prueba de selección múltiple se administró a una muestra conformada de modo tal que permitiera comparar respuestas tipo de grupos con diferentes niveles de aprendizaje, indagar la persistencia de las CNN, y su evolución en el tiempo en grupos de estudiantes que no recibieron instrucción formal reciente. Por otra parte, se buscó comparar las respuestas de estudiantes con las de docentes en actividad.

La muestra estuvo compuesta por 405 sujetos, discriminados en los seis grupos que se detallan:

- GRUPO I - Alumnos de 4º año de bachillerato, que ya estudiaron el tema (37 alumnos).
- GRUPO II - Alumnos del Profesorado de Física (nivel terciario) que ya vieron el tema (38 alumnos).
- GRUPO III - Estudiantes universitarios de la Facultad de Ciencias Naturales de la U. N. T., 2º año, cursantes de Física General, que ya habían aprobado los trabajos prácticos de Dinámica (45 alumnos).
- GRUPO IV - Cursantes de Física I, que sólo habían recibido información teórica sobre el tema en el curso (115 alumnos).
- GRUPO V - Cursantes de Física II, que habían aprobado al menos los trabajos prácticos sobre Dinámica (145 alumnos).
- GRUPO VI - Profesores que enseñan Física en el nivel medio (25 profesores).

Los alumnos de los Grupos IV y V, son estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT.

### 4. Análisis de los resultados

El cuadro I muestra los porcentajes de respuestas correctas obtenidos por cada grupo, discriminados por ítem.

Grupo	N	Item 1	Item 2	Item 3a	Item 3b	Item 3c	Item 4	Item 5	Item 6
I	37	43 %	8 %	22 %	13 %	46 %	11 %	30 %	83 %
II	38	21 %	0 %	3 %	24 %	42 %	0 %	3 %	45 %
III	45	18 %	1 %	27 %	31 %	60 %	31 %	11 %	47 %
IV	115	17 %	3 %	14 %	21 %	61 %	10 %	39 %	60 %
V	145	37 %	7 %	22 %	33 %	61 %	16 %	50 %	64 %
VI	25	20 %	4 %	8 %	28 %	40 %	4 %	12 %	48 %

Cuadro I: Porcentajes de respuestas correctas.

Se ve claramente que el porcentaje de respuestas correctas a cada ítem es muy bajo en todos los grupos.

En el ítem 1 (avión en vuelo), la respuesta más elegida correspondió a aquella que incluye una fuerza neta en la dirección del movimiento, a pesar de haberse remarcado que el movimiento del avión es rectilíneo uniforme.

El ítem 2 (cinchada) muestra el más bajo número de respuestas correctas, siendo la opción preferida aquella que supone que quien gana ejerce mayor fuerza sobre su contrincante.

La respuesta más frecuente en el ítem 3a (ascenso de un proyectil) resultó ser la que muestra la presencia de 2 fuerzas: el peso y una fuerza mayor en el sentido del movimiento. En 3b, se eligió con preferencia la respuesta que indica las dos fuerzas señaladas en 3a, pero ahora de módulos iguales. El ítem 3c, mostró un alto porcentaje de respuestas formalmente correctas. Sin embargo, no refleja una interpretación newtoniana de la situación, sino que indica sólo la inclusión de una fuerza en la dirección de la velocidad, lo que se infiere al analizar en forma conjunta los ítem 3a, 3b y 3c.

En el ítem 4 (movimiento circular de una piedra vinculada), las respuestas más elegidas fueron aquellas que incluían una fuerza tangencial en el sentido del movimiento, y una fuerza "centrífuga" que "equilibra" la tensión de la cuerda.

El ítem 5 (cohetes en el espacio), obtuvo en general un bajo porcentaje de respuestas correctas en los grupos. Lo más llamativo fue la preferencia por la respuesta 5c que refleja la dificultad en distinguir entre "intervalo de tiempo" e "instante". Este ítem, que representa una situación física ajena a la experiencia concreta de los sujetos, mereció el más alto porcentaje de falta de respuestas (11 %).

El más alto número de respuestas acertadas se presentó en el ítem 6 (esfera moviéndose por una vía sin roce), quizá por corresponder el problema a una situación ideal que se analiza

generalmente durante las clases sobre el tema. Una inspección de los porcentajes de respuestas correctas obtenidas por los diferentes grupos en los ocho ítems permite constatar, en forma cualitativa, que:

a) Los Grupos II y VI (alumnos y egresados del nivel terciario) muestran resultados muy pobres en todos los ítems, siendo sus porcentajes de aciertos en la prueba los más bajos de la muestra.

b) Una comparación entre los resultados obtenidos por los Grupos IV y V (alumnos de Ingeniería) muestra mayor número de respuestas correctas en el segundo grupo, lo que puede atribuirse al hecho de que los alumnos del Grupo V tienen más instrucción formal sobre Dinámica que la que poseían los del Grupo IV en el momento de responder la prueba.

c) Si se compara los resultados de los Grupos III y IV, se podría suponer que los porcentajes más elevados que se observan en los ítems 3a, 3b y 4 en el Grupo III se deben a que sus integrantes ya habían enfrentado evaluaciones sobre el tema al momento de la prueba, lo que no había ocurrido con el Grupo IV.

En el cuadro II se presentan las opciones preferidas por cada grupo, según los ítems:

### 5. Comentario sobre las respuestas

En este párrafo haremos una síntesis e interpretación de las justificaciones que dieron los sujetos al optar por alguna de las alternativas no-newtonianas que se ofrecían como posibles soluciones de la prueba de selección múltiple. Comentaremos tres aspectos distintos de tales respuestas, que aunque están íntimamente relacionados, separaremos a los fines de un mejor análisis: 1) su dimensión perceptiva; 2) su dimensión instruccional; 3) su dimensión psicológica.

**5. 1 Dimensión perceptiva.** Nos referiremos en este punto a las respuestas de los alumnos en cuanto a cómo perciben la realidad y la interpretan de manera espontánea, o sensitiva si se quiere, sin que tales propuestas contengan ar-

Grupo/Ítem	1	2	3a	3b	3c	4	5	6
I	a) 43 %	a) 57 %	4) 62 %	3) 54 %	1) 46 %	4) 51 %	6) 39 %	c) 83 %
II	b) 61 %	a) 53 %	4) 68 %	3) 47 %	1) 42 %	3) 58 %	a) 26 %	c) 45 %
III	b) 69 %	a) 55 %	4) 62 %	3) 42 %	1) 60 %	2) 31 %	a) 40 %	c) 47 %
IV	b) 70 %	c) 50 %	4) 56 %	3) 42 %	1) 61 %	3) 56 %	d) 39 %	c) 60 %
V	b) 46 %	c) 60 %	4) 59 %	3) 41 %	1) 61 %	3) 41 %	d) 50 %	c) 64 %
VI	b) 68 %	a) 64 %	4) 40 %	3) 40 %	1) 40 %	3) 40 %	b) 36 %	c) 48 %

Cuadro II: Opciones preferidas

gumentaciones formales adquiridas durante el proceso de instrucción.

Del análisis de las respuestas dadas al problema del avión con movimiento rectilíneo uniforme, puede observarse que los encuestados tienen las siguientes concepciones:

- a) Todo movimiento tiene una causa (Principio de causalidad).
- b) Siempre debe haber una fuerza en la dirección del movimiento.
- c) Una fuerza constante produce una velocidad constante o sea  $F \propto v$ .

Las concepciones citadas demuestran que para la mayoría de los encuestados, la primera ley de Newton es inconsistente con la percepción y la intuición.

La respuesta más frecuente en el problema de la cinchada (ítem 2), indica que:

d) El "agente" que causa el movimiento del "objeto" es quien ejerce la fuerza mayor, porque "vence" o supera la "resistencia" del otro. Esta CNN, presente en más del 90 % de los sujetos, indica que la tercera ley de Newton (Principio de acción y reacción) es contrainintuitiva y poco verosímil.

De las respuestas al ítem 3a (pelota en ascenso vertical) podemos inferir las siguientes leyes espontáneas:

- e) El movimiento puede deberse a fuerzas ejercidas por agentes externos ("la mano") o fuerzas internas ("impulso" o "energía") propias del objeto.
- f) La fuerza se "gasta" porque se le opone otra o bien porque el movimiento la va consumiendo.
- g) La desaceleración se produce debido a una fuerza variable que se va "gastando".
- h) El peso no actúa necesariamente durante el ascenso del cuerpo.

Analizando el ítem 3b (pelota en el punto alto de su trayectoria) podemos extraer las siguientes concepciones y dificultades más comunes.

- i) Si la velocidad es cero, entonces la fuerza es cero.
- j) Si  $v = 0$ , entonces  $a = 0$ , lo que demuestra que los conceptos de velocidad y aceleración no están bien diferenciados.

El ítem 3c (pelota que está cayendo) tiene un alto porcentaje de respuestas aparentemente correctas, pero éstas sólo demuestran coherencia con las CNN citadas en a), b) y c). Aparece como elemento nuevo la consideración de la

fuerza "peso", como un concepto vago, responsable del movimiento y de su dirección.

Se puede concluir que:

- Los términos "impulso", "fuerza", "energía" aluden a conceptos poco diferenciados, y se usan para referirse indistintamente a varias magnitudes físicas diferentes.
- La "fuerza" está relacionada con la velocidad y no con la aceleración, de modo que la 2a ley de Newton resulta ser completamente ajena a la percepción de los fenómenos físicos mostrados.

Las leyes espontáneas que pueden extraerse de las respuestas a los ítems 4, 5 y 6 son en general repeticiones de las ya expuestas, por lo que no las enumeramos en detalle. Las tomamos como prueba de la extensión del campo de aplicabilidad de las CNN que hemos mencionado en este apartado.

También hemos encontrado concepciones espontáneas en relación al concepto de "instantáneo". En el ítem 3b, un alumno habla de "...un pequeño instante en el que la pelota está en reposo y por lo tanto no actúan fuerzas sobre él, axioma de Newton" (sic). Los que eligen la opción c) del ítem 5 lo hacen porque "el cohete tardará un instante en salir de su fuerza anterior" (sic). Los dos ejemplos mostrados revelan que "instante de tiempo" significa en realidad "intervalo de tiempo". En resumen, podemos concluir que el testimonio de los sentidos conduce a la elaboración de leyes espontáneas de movimiento que en ningún caso coinciden con las leyes newtonianas de la Dinámica.

Estos resultados concuerdan ampliamente con los obtenidos por otros autores (Zylbersztajn, 1983; Sebastía, 1984 y otros).

**5. 2 Dimensión instruccional.** Trataremos de diferenciar las respuestas que, a nuestro criterio, son consecuencia de un proceso educativo formal llevado a cabo en un tiempo más o menos prolongado y que evidencian una conceptualización inadecuada de los contenidos, de aquellas respuestas que corresponden a las interpretaciones o elaboraciones espontáneas. Entre las justificaciones de las respuestas equivocadas, hemos detectado algunas que de ninguna manera pueden aparecer si el individuo no ha recibido instrucción formal, como por ejemplo, cuando los encuestados emplean algunos términos tales como fuerza normal, fuerza centrífuga, gravitatoria, velocidad tangencial, reacción, etc.

Algunos de los errores de este tipo que encontramos con mayor frecuencia fueron:

a) La inclusión de la "fuerza normal N" en los cuerpos que no están apoyados sobre una superficie, lo que revela un mal aprendizaje del concepto que no es interpretado como una fuerza de contacto, sino como una fuerza "propia" del cuerpo que siempre se opone al peso.

b) La fuerza centrífuga es mencionada sólo por los alumnos que han tenido instrucción sobre el movimiento circular (nadie del Grupo I hace mención a esta fuerza).

c) La fuerza gravitatoria y el peso (mg) son considerados dos fuerzas diferentes que actúan simultáneamente sobre el cuerpo.

d) La velocidad tangencial es interpretada como una fuerza en la dirección del movimiento en el problema 4.

e) La comparación entre vectores que representan diferentes magnitudes físicas, en un mismo diagrama, como por ejemplo los vectores: velocidad, aceleración, intensidad del campo gravitatorio, fuerza, impulso e incluso la energía a la cual se le asigna un carácter vectorial.

f) La mención de alguna de las leyes de Newton, para justificar incorrectamente una situación. Ejemplos:

1. En el problema de la cinchada, eligen una opción incorrecta y justifican por el principio de acción y reacción.
2. En el problema del avión, las fuerzas deben ser iguales "por el principio de acción y reacción".
3. En el problema 3b, como  $v = 0$  se justifica la elección de la opción 3, diciendo que "...cuando un cuerpo está en reposo, no actúa ninguna fuerza sobre él, axioma de Newton" o bien "...porque sobre todo cuerpo detenido actúan fuerzas iguales de acción y reacción (3ra. ley de Newton)".

¿A qué atribuimos estos errores? Creemos que las causas pueden ser diversas y tener distintos orígenes: el profesor, el proceso E-A, el alumno.

Puede darse, y de hecho se da (Ver resultados del Grupo VI) que los profesores tengan sus propios errores conceptuales, que lógicamente serán transmitidos a sus alumnos.

Otro obstáculo en el proceso E-A puede surgir debido a que el profesor, aunque tenga buen dominio de los contenidos, desconozca cuáles son las dificultades mayores que tienen

sus alumnos en el tema y no pueda, en consecuencia, orientar los procesos de construcción de los nuevos significados.

Las dificultades que presentan los alumnos pueden obedecer a diferentes motivos no excluyentes:

— La existencia de preconcepciones y teorías personales mediante las que interpretan a su satisfacción los fenómenos físicos cotidianos.

— No haber alcanzado el estadio de operaciones formales, que les permita manejar las abstracciones propias de la física formal (Piaget, 1964).

— Según la teoría de Ausubel, para lograr un aprendizaje significativo es esencial la presencia, en el esquema cognoscitivo del individuo, de conceptos previos (subsunoadores) que permitan el anclaje de nuevos conceptos. Si el estudiante no tiene subsunoadores apropiados, no podrá en consecuencia aprender.

— Un modelo de aprendizaje reciente (Posner y Col. 1982) postula que, para que se produzca un aprendizaje, en el sujeto se deben presentar las siguientes condiciones (que en el caso particular de la Dinámica, es poco probable que se den en nuestros alumnos):

1. Insatisfacción con las ideas previas, es decir, no poder explicar algunos fenómenos físicos con sus teorías personales.
2. Entender las ideas nuevas, es decir, comprender los términos y símbolos utilizados en los conceptos a aprender.
3. Considerar verosímil la nueva información, condición difícil de cumplir cuando el nuevo concepto es contraintuitivo. (Como por ejemplo, aceptar que la fuerza resultante sobre un cuerpo es cero cuando éste se mueve con velocidad constante).
4. Encontrar útil la nueva idea, la que debe servir para dar respuesta satisfactorias a aquellas situaciones que no podrían explicar con sus teorías personales.

— El deficiente manejo de la matemática, necesaria para la formulación simbólica de las leyes de la física y las definiciones operacionales de conceptos.

Consideramos que muchas de estas dificultades pueden paliarse con una adecuada planificación y desarrollo de las estrategias docentes usadas en el aula.

**5. 3 Dimensión psicológica.** "El conocimiento se caracteriza por poseer un campo determinado donde se realiza el acto de conocer,

con la inclusión de un sujeto que quiere conocer y un objeto que va a ser conocido. A veces el objeto no quiere dejarse conocer; aparece así un obstáculo. Es un obstáculo incluido en la teoría del conocimiento o del saber, por eso lo podemos llamar obstáculo epistémico. Siempre hay un obstáculo para conocer y el conocer es el vencimiento de ese obstáculo. Siempre se conoce contra algo, contra ese objeto al que hay que romper, desarmar y luego volver a armar". (Pichón Riviere, E., 1985).

Es indudable que ese obstáculo epistémico tiene una dimensión psicológica en tanto interviene el sujeto. Por eso intentaremos interpretar las características y funciones de esos obstáculos, que desde el punto de vista pedagógico se podrían llamar barreras al aprendizaje.

Hemos visto que los alumnos, y los individuos en general, tienen una estructura de conocimientos producto de sus experiencias e interacción con el medio. En realidad, éste es un concepto más amplio que lo cognoscitivo ya que abarcaría todo el conjunto de experiencias, conocimientos, afectos, conceptos y esquemas corporal y simbólico con los que el individuo piensa y actúa. Es, en síntesis, un esquema o marco referencial. Es el instrumento con el que opera el individuo en las diferentes situaciones que la realidad le presenta, lo que a su vez lo realimenta y puede producir reorganizaciones o acomodaciones, generando de esta manera, una estructura dinámica. Es importante destacar que este esquema referencial contiene aspectos conscientes o inconscientes que se van modificando en el tiempo en función de los conocimientos que se incorporan y de las experiencias vividas. En síntesis, el esquema referencial es un verdadero banco de memoria cognoscitivo y afectivo con el cual se piensa, se siente y se actúa.

Dentro de este marco de referencia existen ciertos modos de pensar rígidos o estereotipias, que son formas de control fijas y de seguridad. Así es que frente a una situación nueva o un conflicto, estos controles operan impidiendo la solución de las dificultades que se presentan. Por ejemplo: los prejuicios, sean sociales, raciales, religiosos, morales, etc., funcionan como estereotipias ya que la realidad es observada desde ellas y por eso el individuo no se permite modificar o cambiar su visión de la misma, porque se siente seguro y de esa manera elimina la ansiedad que le puede producir la situación.

Es en este terreno en el que podríamos incluir a los preconceptos o CNN, es decir como estereotipos acerca de la interpretación de ciertos fenómenos naturales. A modo de ejemplo: es muy común escuchar el siguiente comentario entre profesores de Física: "¿Cómo es posible que luego de enseñar y explicar detalladamente —incluso con experimentos— que los cuerpos caen con la misma aceleración independientemente de su peso, en las evaluaciones los alumnos responden que los cuerpos más pesados caen más rápido!". Es evidente, entonces, que los alumnos, a pesar del proceso de instrucción formal, no modifican su esquema anterior de pensamiento, sino que la realidad es observada desde el sistema de los preconceptos y se "niegan" a interpretarla de otra manera, aunque la situación sea frustrante o la calificación de la evaluación sea baja.

Es necesario, entonces, indagar sobre cómo funcionan psicológicamente estas estereotipias, sobre todo cuando sus componentes son inconscientes.

Estas, las estereotipias, cuando actúan desde lo implícito, lo hacen por la acción de dos miedos básicos —que son los obstáculos mencionados anteriormente— y que dificultan el aprendizaje o la modificación de ciertas conductas.

Estos son: el miedo a la pérdida y el miedo a lo desconocido. El primero porque ante una situación nueva, el individuo tiende a manejarse con los elementos de su esquema referencial, que le dan seguridad y por lo tanto perderlos o cambiarlos le produce mucha angustia y ansiedad. Es de destacar que solamente cuando esas estereotipias no le son instrumentales, recién entonces se puede plantear su modificación.

El miedo a lo desconocido proviene de la falta de conocimiento de lo nuevo, lo que genera mucha inseguridad y angustia. Por lo tanto, inconscientemente, la persona se defiende controlando la situación con sus propias estructuras, impidiendo su cambio.

Estos miedos se podrían sintetizar en el famoso dicho popular: "Más vale lo malo conocido que lo bueno por conocer".

Es en este sentido como funcionan los preconceptos: verdaderos prejuicios que obstaculizan el aprendizaje de nuevos conceptos que son sentidos y vividos como atentatorios a la estructura de su pensamiento.

Estos miedos se unifican mediante diferentes técnicas defensivas del individuo, configurando lo que comúnmente se llama "resistencia

al cambio". Es decir que la situación nueva que se plantea genera en el individuo un monto de ansiedad que lo impulsa a defenderse de diferentes maneras. Por ejemplo: la negación, que viene representada por el clásico "No entiendo" de los alumnos; o su proyección, cuando transfieren la culpa de su fracaso escolar al profesor, o a la dificultad de los problemas o las pruebas, etc.

Se desprende de todo esto que el núcleo es la resistencia a pensar, ya que es preciso llegar a un cierto umbral de tensión, provocada por el objeto del conocimiento, que debe ser tolerado por el sujeto y le permite reestructurar su pensamiento o los conceptos. Pero siempre debemos tener en cuenta que toda situación nueva y conflictiva gatilla las defensas de la persona en un intento de controlarla, sin perder el marco de seguridad que la estereotipia le ofrece, porque de otra manera caería en un mundo desconocido o inseguro y se producirá así una paralización o estancamiento de la tarea de aprendizaje.

Es interesante señalar que estos conceptos se complementan con los mencionados por Posner desde el punto de vista cognoscitivo cuando dice que una nueva teoría es aceptada cuando posee los atributos de verosimilitud, inteligibilidad y utilidad. De lo contrario se mantienen las preconcepciones o se permiten algunas modificaciones dejando intacta la estructura de fondo.

Es importante, entonces, que para que se produzca aprendizaje, el esquema referencial de cada individuo debe tener ciertas características de flexibilidad y dinamismo en el sentido que permita elaborar las estereotipias y producir una reestructuración del pensamiento. Luego, la tarea educativa deberá orientarse también hacia ese objetivo.

En síntesis, además del aprendizaje de contenido deberá existir otro aprendizaje que genere, dentro de cada persona, un ámbito de discusión, crítica y revisión de su esquema referencial, que le permita superar esos esquemas rígidos y acceder cualitativamente a un pensamiento divergente, abierto a nuevos caminos, nuevos cauces.

Es evidente, entonces, que parte de la tarea del profesor será indagar sobre los miedos, analizar las técnicas defensivas, explicitar lo implícito e investigar sobre los núcleos resistentes en el proceso E-A, del cual no escapa —por supuesto— el análisis del esquema referencial del profesor, por ser el vehículo de transferencia de los contenidos en el esquema comunicativo.

Es importante destacar la convergencia de estos conceptos con lo señalado por Piaget cuando se refiere al predominio del esquema asimilativo sobre cualquier otro, en tanto éste es motorizado por los afectos y la estructura inconsciente del sujeto. En este sentido se vincula con los miedos y la resistencia al aprendizaje. (Inhelder y Piaget, 1985).

## 6. Sugerencias y conclusiones

En párrafos anteriores hemos detallado algunas dificultades que aparecen durante el proceso E-A de la Dinámica en relación a la existencia de concepciones no-newtonianas y al reconocimiento de las formas en que opera la inteligencia del alumno.

Este análisis nos induce a proponer, en consecuencia, ciertas estrategias docentes a utilizar, y una reorganización de los contenidos de la unidad.

Básicamente, la metodología empleada debe apuntar a la movilización de las estructuras estereotipadas y a la toma de conciencia —por parte de los alumnos— de la existencia de tales estructuras y, fundamentalmente, de la necesidad de su remoción para lograr un aprendizaje significativo.

La persistencia de las CNN, observada en las respuestas de los grupos II, V y VI en particular, es una prueba concluyente de que la instrucción formal recibida por estos grupos, centrada en los contenidos —como es tradicional— no posibilita en general una conceptualización correcta.

Algunas sugerencias para la enseñanza de la Física en general son:

- a) Realizar un diagnóstico previo para detectar la presencia y calidad de pre-conceptos, mediante variadas técnicas (pruebas escritas, entrevistas, discusiones dirigidas, etc.). (Osborne y Gilbert, 1980; Nussbaum, 1981).
- b) Generar en el aula un clima afectivo positivo y de seguridad, donde el rol del docente es orientador y no directivo. De este modo se trata de minimizar los efectos de los bloqueos psicológicos mencionados en 5. 3.
- c) Tratar de resolver las ansiedades que se generan en la situación de aprendizaje dentro de la misma tarea. Por ejemplo, si el grupo no entiende o no puede resolver un problema, se tratará de indagar las causas que producen esa paralización.
- d) El diseño didáctico deberá proporcionar situaciones de aprendizaje que pongan de manifiesto que las CNN no siempre son útiles pa-

ra explicar situaciones concretas. (Solís Villa, 1984).

e) En el desarrollo del tema, presentar ejemplos cuya explicación formal sea verosímil. Por ejemplo, el problema de la cinchada entre dos personas no es adecuado para presentar el tercer axioma de Newton; lo que se evidencia en los resultados mostrados en el cuadro I.

f) Adecuar la organización y selección de los contenidos a la madurez psicoevolutiva del alumno, teniendo especial cuidado en el simbolismo usado.

g) Respetar en el desarrollo del tema seleccionado la necesidad del adolescente de aprender paso a paso, permitiendo construir, a su propio ritmo, el conocimiento.

En particular, en el proceso E-A de la Dinámica, sugerimos:

h) Comenzar con el segundo axioma de Newton, por ser, de las tres leyes, la menos contraintuitiva. Aconsejamos un abordaje experimental teniendo en cuenta que las magnitudes involucradas en dicha ley, son para algunos alumnos muy abstractas, y deducir a partir de los experimentos realizados, la primera y la tercera ley.

i) Mostrar la importancia del diagrama de cuerpo libre para la resolución de todo planteo newtoniano.

j) Integrar la enseñanza de la cinemática a la de la Dinámica, respetando la necesidad psicológica característica del alumno, de la existencia de una relación causal (Piaget, 1979). De esta forma, se evitará una visión disgregada del movimiento de los cuerpos.

k) Insistir en el concepto de fuerza resultante y enunciar los axiomas de Newton de forma tal que quede absolutamente claro que en ellos se hace referencia a la *fuerza neta*.

l) Analizar con cuidado las relaciones entre fuerza resultante, aceleración, velocidad y trayectoria, a fin de desterrar la convicción de que fuerza y trayectoria tienen siempre la misma dirección.

ll) Integrar la enseñanza de la estática a la de la Dinámica, como caso particular. Aconsejamos no iniciar el estudio de la Mecánica con la Estática (Halbwachs, 1985) por su nivel de abstracción.

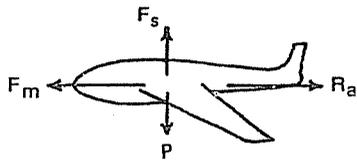
En síntesis, hemos analizado la importancia de la presencia y persistencia de las CNN, y su incidencia obstaculizante en el proceso E-A de la Dinámica. Creemos que para modificar esta realidad, debe encararse la tarea teniendo en cuenta cómo se adquieren o construyen los conocimientos y cómo operan las estructuras psicológicas defensivas y resistentes de cada individuo, para que de esta manera actuemos en forma integral sobre el complejo universo de nuestros alumnos.

Marzo, 1987.

#### BIBLIOGRAFIA

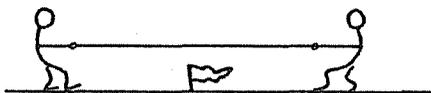
- ABOU HALLOUN, I. y HOSTENES, D.: (1985) "The Initial Knowledge state of college physics students". Am. J. Phys. 53, (11), Nov. 1985.
- DIBAR URE, C. y COLINVAUX, D.: "Cómo razonan los jóvenes en Física". Curso de actualización dictado en la IV Reunión Nacional de Educación en Física, en Tucumán, 1985.
- HALBWACHS, F.: (1985). "La Física del profesor entre la Física del físico y la Física del alumno". Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 1, N° 2 pp. 77, 89.
- INHELDER, B. y PIAGET, J.: "De la lógica del niño a la lógica del adolescente". Ed. Paidós, 1985.
- MOREIRA, M. A.: "Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física". Editora da Universidade. Porto Alegre, 1983.
- NUSSBAUM, J.: (1981). "Towards the Diagnosis by Science Teachers of Pupil's Misconceptions: An Exercise with Students Teachers". Eur. J. of Scien. Educ. - Vol. 3 - pp. 159-169.
- OSBORNE, J. R.; GILBERT, K. L.: (1980). "A Technique for exploring students views of the world". Physics Educ. Vol. 15 p. 377.
- PIAGET, J.: "Tratado de Lógica y conocimiento científico". Tomo IV. Ed. Paidós. Buenos Aires, 1979.
- PIAGET, J. y GARCIA, R.: "Las explicaciones causales". Barral Editores. Buenos Aires, 1973).
- PIAGET, J.: (1964). "Desarrollo evolutivo y aprendizaje". J. Res. Sci. Teaching. Vol. 2. pp. 176-186.
- PICHON RIVIERE, E.: "Teoría del vínculo". Ed. Nueva Visión. Buenos Aires, 1985.
- PICHON RIVIERE, E.: "El proceso grupal". Ed. Nueva Visión. Buenos Aires, 1977.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W. y GERTZOG, W. A.: "Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of Conceptual change". Science Education 66 pp. 211-227.
- SEBASTIA, J. M.: (1984). "Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes". Enseñanza de las Ciencias, pp. 161-169.
- SOLIS VILLA, R.: (1984). "Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias". Enseñanza de las Ciencias, pp. 83-89.
- ZYLBERSTAJN, A.: (1983). "Concepciones espontáneas en Física, ejemplos en Dinámica e implicaciones para la enseñanza". Rev. de Ensino de Física. Vol. 5 - N° 2. 1/2

## APENDICE I - ITEMS DE LA PRUEBA

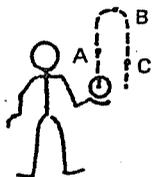
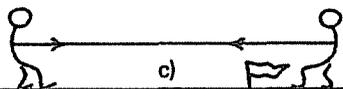
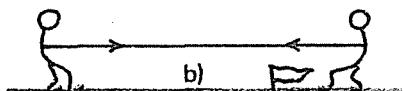
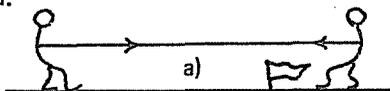


**Item 1** - Un avión vuela horizontalmente con velocidad constante. Las fuerzas que actúan sobre él son: la motriz  $F_m$ , la de sustentación  $F_s$ , la resistencia del aire  $R_a$ , y el peso  $P$ . ¿Cuál de las opciones que se dan a continuación da una relación correcta entre las intensidades de esas fuerzas?

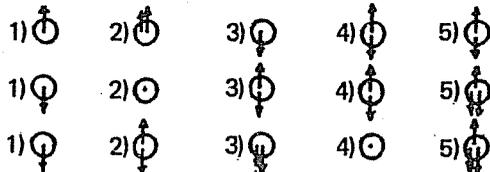
- a)  $P = F_s$  y  $F_m = R_a$       b)  $P = F_s$  y  $F_m > R_a$   
 c)  $P < F_s$  y  $F_m > R_a$       d)  $P = F_s$  y  $F_m < R_a$



**Item 2**. Se trata de una cinchada entre dos personas. La banderita indica el punto medio (inicial) entre los dos. Si la persona de la izquierda está ganando ¿cuál de las opciones siguientes muestra lo que está ocurriendo?. El tamaño de la flecha sobre cada persona representa el valor de la fuerza que ejerce la otra.

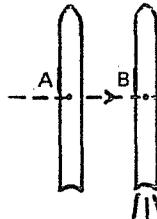
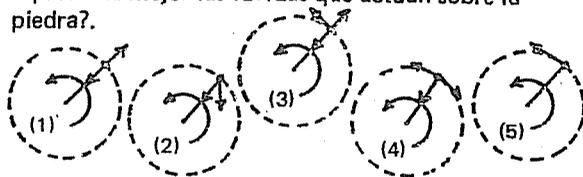


**Item 3**. Se arroja hacia arriba una pelota, que al subir pasa por el punto A, llega hasta el punto B de altura máxima y luego descende pasando por C. En los dibujos que siguen, se supone que las flechas muestran las fuerzas sobre la pelota. Elija el dibujo que cree que representa mejor la fuerza sobre la pelota.

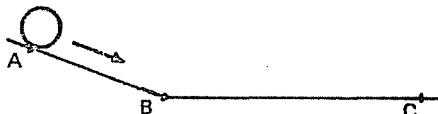
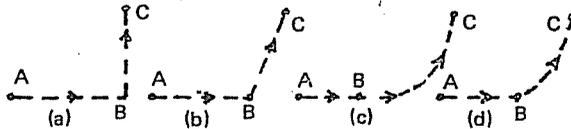


- 3 a) Cuando la pelota pase por el punto A subiendo.  
 3 b) Cuando la pelota está en el punto B y tiene velocidad cero.  
 3 c) Al pasar por el punto C cuando está bajando.

**Item 4**. Se hace girar una piedra atada de un hilo en un plano vertical. ¿Cuál de los dibujos cree que representa mejor las fuerzas que actúan sobre la piedra?.



**Item 5**. La figura muestra un cohete navegando en el espacio en la dirección de la línea punteada. Entre las posiciones A y B no actúan fuerzas externas sobre él, y cuando alcanza el punto B el cohete enciende sus motores que le proporcionan una fuerza constante hasta que llega a un punto C. ¿Cuál de las trayectorias que se muestran sigue el cohete al pasar del punto B al C?



**Item 6**. La figura muestra una vía *sin rozamiento*. Se suelta una esfera en el punto A desde el reposo. ¿Qué ocurrirá con la velocidad de la esfera cuando se mueve por el plano BC?

- Elija la respuesta correcta:  
 a) Aumentará continuamente; b) Disminuirá continuamente; c) Permanecerá constante; d) Aumentará un poco y luego disminuirá; e) Ninguna de estas posibilidades.

## APENDICE II

Las opciones correctas para cada ítem son las siguientes:

Item 1 - Opción (a)

Item 2 - Opción (b)

Item 3 - a - opción (3)

b - opción (1)

c - opción (1) (si se aclara que la flecha representa la fuerza resultante).

opción (2) (si se aclara que la flecha hacia arriba representa la fuerza de rozamiento con el aire, etc.).

Item 4 - Opción (2)

Item 5 - Opción (d)

Item 6 - Opción (e)