
HACIA UN CAMBIO EN LA CONCEPCION DE MOVIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA SECUNDARIA: UN EXPERIMENTO EN CLASE

Segunda Parte

ARDEN ZYLBERSZTAJN, SONIA SILVEIRA PEDUZZI, LUIS ORLANDO DE QUADRO PEDUZZI Y SONIA MARIA DA SILVA

Departamento de Física - CFM - Universidad Federal de Santa Catarina - 88040-900 Florianópolis - SC - Brasil

5. SEGUNDA APLICACION EXPERIMENTAL

Con base en el análisis de los resultados de la 1a. aplicación experimental se hicieron algunas modificaciones para la segunda aplicación, en el semestre que siguió. Se reescribió el texto de la Unidad 2 con la intención de explicitar mejor las diferencias entre las teorías consideradas y de presentar con más claridad las ideas inerciales. En la planificación didáctica se recomendó que se diera más énfasis a la relación entre las ideas de Galileo (Unidad 2) y la primera ley de Newton, presentada en el inicio de la Unidad 3.

Se hizo, de nuevo, un test con el material presentado en un turno de la tarde del segundo curso de la enseñanza secundaria de una Escuela Técnica Federal, compuesta por 26 alumnos entre 15 y 17 años, con el mismo profesor del grupo A de la aplicación anterior. Esa nueva aplicación, sin embargo, exigió una adaptación al programa del curso secundario de la escuela, que incluye además de las Leyes de Newton, Estática y Trabajo y Energía en su currículum. Esto imposibilitó el test de las Unidades IV y V del abordaje experimental que, como demandaría más tiempo que el convencional, dificultaría el cumplimiento de la parte restante del programa.

Las observaciones en clase demostraron participación creciente de los alumnos en las discusiones y diálogos en clase. Se necesitó algún tiempo para que los alumnos, antes más acostumbrados a oír que a hablar en las clases de Física, aprovecharan la oportunidad de tomar la palabra que se les daba en ese nuevo abordaje. Se confirmó la buena acogida de esa metodología entre los alumnos por medio de un muestreo de entrevistas con 10 estudiantes, realizadas al fin del semestre.

Se trazó la línea básica para la evaluación del cambio conceptual hacia una visión inicial a partir del

desempeño de los alumnos en el cuestionario aplicado en el inicio de la Unidad, que registró las concepciones alternativas de los alumnos. El análisis de las respuestas comprobó, como se esperaba, completo predominio de la asociación entre fuerza y dirección de movimiento. De los 26 alumnos que respondieron el cuestionario, sólo uno, que ya había estudiado Física en el semestre anterior, no hizo esa asociación. Los demás demostraron tener una concepción no inercial de movimiento, que presenta semejanzas con la concepción medieval de "ímpetus", o sea, una fuerza que se incorpora a un objeto que se mueve por la acción del lanzador.

El cambio conceptual de los alumnos del curso se evaluó en tres momentos: dos durante el desarrollo del curso y el último seis meses después de la instrucción, con el objetivo de verificar la retención de aprendizaje.

5.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA EVALUACION DE CAMBIO CONCEPTUAL

La primera evaluación para medir el cambio conceptual se realizó después del estudio de la primera Ley de Newton, al comienzo de la Unidad 3. Se empleó un cuestionario con preguntas conceptualmente semejantes a aquéllas del cuestionario aplicado para el sondeo de las concepciones de los alumnos discutido anteriormente. Se clasificaron los alumnos en tres niveles de acuerdo con el tenor de sus respuestas:

Nivel I - El alumno contesta a todas las cuestiones de acuerdo con la concepción inercial de movimiento;

Nivel II - El alumno contesta la mayoría de las cuestiones de acuerdo con una concepción inercial de movimiento;

Nivel III - El alumno contesta menos de la mitad de las cuestiones de acuerdo con una concepción inercial de fuerza y movimiento.

La interpretación de esta clasificación por niveles es la siguiente: los alumnos del nivel I alcanzaron una concepción inercial de movimiento; los del nivel II han incorporado algunos aspectos de la nueva concepción y se encuentran en una etapa de transición, y los del nivel III poco han cambiado en relación a sus concepciones iniciales.

En términos porcentuales, por niveles se obtuvo:

- Nivel I - 31% (08 alumnos)
- Nivel II - 38% (10 alumnos)
- Nivel III - 31% (08 alumnos)

Estos resultados se muestran más positivos que los resultados obtenidos en la 1a. aplicación experimental, cuando sólo el 10% de los estudiantes había demostrado un cambio conceptual significativo. Aunque las alteraciones hechas hayan, posiblemente, contribuido para esa mejora, se debe considerar también el hecho de que se trata de una escuela de mejor nivel, del período vespertino, y, por lo tanto, con mejores condiciones de estudio. Por otro lado, ese turno consta de alumnos que ingresaron a la escuela en la segunda lista de selección del examen clasificatorio, que por consiguiente no son los mejores alumnos de la escuela.

5.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA EVALUACION DE CAMBIO CONCEPTUAL

Al término de la Unidad 3 se aplicó un nuevo cuestionario sobre movimientos curvilíneos. Los alumnos no habían estudiado aún este tipo de movimiento y el objetivo de esa aplicación era verificar si con este grupo ocurriría el mismo tipo de evolución observado en el Grupo A de la 1a. aplicación experimental. Debido a los buenos resultados obtenidos en la evaluación descripta anteriormente, se esperaban resultados más favorables todavía, y fue eso lo que ocurrió.

Como en la evaluación anterior los alumnos se clasificaron en tres niveles de acuerdo a su concepción inercial de movimiento. Se consideraba inercial una respuesta cuando el alumno no sentía necesidad de dibujar una fuerza en dirección del movimiento.

Los porcentajes de alumnos por nivel fueron:

- Nivel I - 44% (11 alumnos)
- Nivel II - 40% (10 alumnos)
- Nivel III - 16% (04 alumnos)

La comparación entre los niveles conseguidos por cada alumno en las dos evaluaciones resultó en los datos especificados en la Tabla 1:

Nivel en la 1a. evaluación	Número de alumnos	Nivel en la 2a. evaluación	Número de alumnos
I	08	I	06
		II	02
		III	00
II	10	I	04
		II	03
		III	02
III	08	I	01
		II	05
		III	02

I - Comparación entre los niveles alcanzados por los alumnos en las dos evaluaciones sobre el cambio conceptual.

Estos datos comprueban que, entre las dos evaluaciones, las discusiones en clase permitieron que varios alumnos evolucionaran conceptualmente.

Sólo 4 de los 26 estudiantes continuaron asociando, de manera sistemática, fuerza y dirección del movimiento. El hecho de que un 37% de los

estudiantes hayan permanecido en el nivel II, después de la 2a. evaluación, indica un progreso hacia la concepción inercial de movimiento, pero comprueba también cuán fuerte es el sentido intuitivo de algunos estudiantes sobre el movimiento de los cuerpos y cómo sus ideas tienen arraigo en sus estructuras cognitivas.

5.3 RESULTADOS DE LA EVALUACION DE RETENCION

Con el objetivo de verificar el índice de retención de los contenidos impartidos, se aplicó un nuevo cuestionario, seis meses después de terminada la instrucción, con un muestreo de 17 alumnos del grupo que participó de la 2a. evaluación experimental. Estos estudiantes se distribuían en tres turnos del tercer curso. Se decidió, entonces, aplicar el cuestionario a todos los alumnos de este turno con el propósito de hacer una comparación entre los estudiantes que habían participado de esa aplicación experimental con colegas que habían estudiado igual contenido impartido por una metodología más convencional. Esa comparación presupone igualdad entre todos los turnos del 2o. Curso, en términos de concepciones alternativas sobre fuerza y movimiento. Esta hipótesis encuentra sólido respaldo en el hecho de que el grupo experimental es uno de los diez grupos de 2o. curso de la escuela y, por eso, sirve como muestreo entre esos turnos. Como ya se dijo, los alumnos de ese turno han presentado una concepción no inercial de movimiento antes de la instrucción.

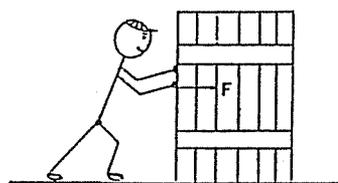
Los resultados obtenidos por el grupo experimental (N=17) en comparación con el grupo de control

(N=65) serán presentados y discutidos a continuación. Para mejor conocimiento del análisis desarrollado se transcriben, a seguir, las cuestiones del test de retención.

NOTA DE LOS EDITORES: *Se ha respetado el orden presentado por los autores.*

Cuestión 1

Un hombre empuja una caja sobre un piso llano con una fuerza horizontal F . Si se sabe que la caja se mueve con velocidad constante, se puede afirmar que:



- a) no existe roce entre el suelo y la caja;
 - b) la intensidad de la fuerza de roce entre el piso y la caja es menor que la intensidad de F ;
 - c) la intensidad de la fuerza de roce entre el piso y la caja es igual a la intensidad de F ;
 - d) la intensidad de la fuerza de roce entre el piso y la caja es superior a la intensidad de F .
- Justifique su respuesta.

En esa cuestión los dos grupos han presentado respuestas equivalentes ya que presentó mayor número de respuestas la alternativa (b) y eso indica una concepción no inercial de movimiento (Tabla 2).

Respuestas	Grupo Experimental	Grupo de Control
a	11,8%	9,2%
b	76,6%	75,4%
c	11,8%	7,7%
d	0,0%	6,2%
Sin respuesta	0,0%	1,5%

Tabla 2 - Respuestas de los grupos a la Cuestión 1.

Cuestión 5

La fuerza resultante sobre un objeto, que cae en una

laguna de aguas estancadas, se vuelve nula a comen-
zar de un instante determinado. Se puede afirmar que
a partir de ese instante, la velocidad del objeto:

- a) es nula;
- b) es constante;
- c) crece;
- d) decrece.

Justifique su respuesta.

Como se puede observar en la Tabla 3, en esa cuestión se ve una diferencia en la elección de la alternativa que representa una concepción inercial del movimiento favorable al grupo experimental.

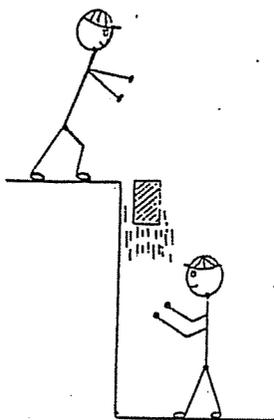
Respuestas	Grupo Experimental	Grupo de Control
a	17,6%	43,1%
b	41,2%	18,4%
c	5,9%	3,1%
d	23,5%	30,8%
Sin respuesta	11,8%	4,6%

Tabla 3 - Respuestas de los grupos a la Cuestión 5.

Las cuestiones 2, 3 y 4 se destinaban a probar si los alumnos dibujaban o no una fuerza en dirección al movimiento. En caso afirmativo, se comprobaba que el alumno tenía una concepción no inercial de movimiento.

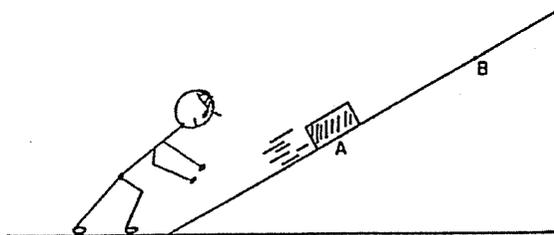
Cuestión 2

La figura abajo muestra un albañil que lanza un ladrillo a un colega que está en el piso superior. Represente e identifique las fuerzas que actúan sobre el ladrillo cuando éste se encuentra en la mitad de la subida.



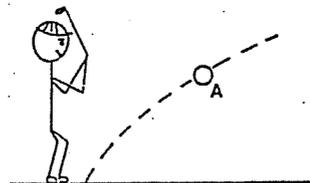
Cuestión 3

Se lanza un cubo de madera, de abajo hacia arriba, a lo largo de un plano inclinado. Como se sabe que el cubo llega hasta el punto B, represente e identifique la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre el cubo cuando pasa por el punto A durante la subida.



Cuestión 4

Un jugador de Golf lanza la pelota con el taco. Represente e identifique la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre la pelota cuando ésta alcanza, en su trayectoria, el punto A.



Se observó en esas cuestiones desempeño acentuadamente diferenciado entre los dos grupos, siendo que más de tres cuartos del grupo experimental presentó respuestas que indicaban una concepción inercial mientras que prácticamente todo el grupo de control asoció fuerza a dirección de movimiento. Los porcentuales de cada una de las cuestiones se encuentran en la Tabla 4.

Cuestión	Dibuja fuerza en dirección al movimiento		No respondieron	
	G E	G C	G E	G C
2	23,5%	83,1%	0,0%	6,1%
3	23,5%	83,1%	0,0%	10,8%
4	17,6%	66,1%	0,0%	30,8%

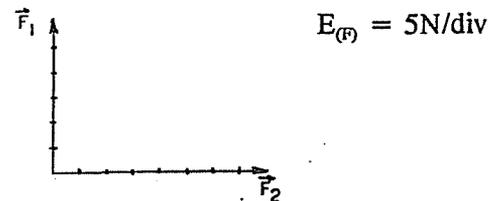
Tabla 4 - Respuestas de los grupos a cuestiones 2, 3 y 4.

Se debe destacar dos puntos importantes en relación a los resultados positivos: el primero se refiere a la retención en este conjunto de preguntas, demostrado por los alumnos que participaron del grupo experimental; y el segundo punto se refiere a la consistencia de las respuestas dadas - los 13 alumnos (76,5%) que respondieron a las cuestiones 2 y 3 de acuerdo a la concepción inercial son los mismos, y también hacen parte del grupo de 14 (82,4%) que contestaron a la cuestión 4 según esa misma concepción. Además de los 4 alumnos que contestaron las preguntas de manera no inercial, dos de ellos se habían clasificado en el Nivel II en la 2a. evaluación de cambio conceptual. O sea, de los 15 alumnos del muestreo que, o habían alcanzado, o se encontraban en etapa de transposición hacia una concepción inercial (Niveles I y II), apenas dos mostraron poseer una concepción no inercial en este conjunto de cuestiones, y eso indica un alto nivel de retención de conocimientos.

Conviene registrar la contradicción entre el desempeño excelente de los alumnos que participaron del experimento en las cuestiones 2, 3 y 4 y sus errores en la cuestión 1. En esa primera pregunta, los estudiantes, tal vez hayan estructurado sus razonamientos a partir de la situación estática de la caja que, cuando puesta en movimiento, necesita que se aplique una fuerza más grande que la fuerza de roce estático máximo. El paso del reposo al movimiento, entendido fácilmente de manera intuitiva, y reforzado, probablemente por comprensión teórica insatisfactoria del roce a nivel estático y dinámico, tal vez explique la disparidad.

Cuestión 6

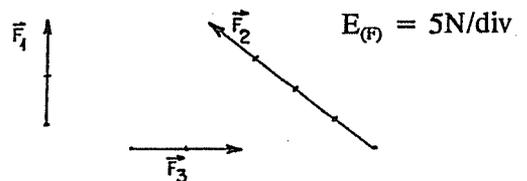
Las únicas fuerzas que influyen en el movimiento de un objeto de masa 2,0 kg, que parte del reposo, son las fuerzas que aparecen en la figura que sigue:



- a) Identifique, en la figura, la dirección y el sentido en que el cuerpo se moverá;
- b) obtenga la intensidad de la fuerza resultante sobre el cuerpo;
- c) calcule la aceleración que el cuerpo va a adquirir.

Cuestión 7

Encuentre, gráficamente, la resultante de las fuerzas F_1 , F_2 y F_3 representadas abajo.



Los datos relativos a las preguntas 6 y 7 están en la Tabla 5 de la página siguiente.

La cuestión 6 tenía como objetivo verificar la retención de la 2a. Ley de Newton en su aspecto formal matemático. Ambos grupos obtuvieron bajo índice de acierto: cerca de 30% para el grupo de control y 25% para el grupo experimental. El caso del escaso desempeño del grupo experimental se debe al hecho de que el material producido dió más énfasis a los aspectos conceptuales que a los formales en las primeras tres unidades. Los aspectos matemáticos de la leyes de Newton serían profundizados, en forma de problemas, en la Unidad 5, que no fue impartida, según fue mencionado.

Cuestión	Respuesta correcta		No respondió	
	G E	G C	G E	G C
6a	47,1%	53,8%	17,6%	30,8%
6b	23,6%	30,8%	11,7%	29,2%
6c	23,6%	26,1%	35,3%	43,1%
7	41,2%	24,6%	11,7%	40,0%

Tabla 5 - Resultados del grupo experimental y de control para las cuestiones 6 y 7.

La cuestión 7, por otro lado, demostró desempeño superior del grupo experimental frente al grupo de control.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la 2a. aplicación experimental muestran cómo el abordaje constructivista adoptado puede promover cambios hacia una concepción inercial de movimiento. Aún considerando que no todos los alumnos adquirieron esa concepción, el hecho de que sólo 20% de los estudiantes siguieron asociando de manera sistemática, fuerza a dirección de movimiento es un resultado bastante positivo, principalmente si se consideran las dificultades inherentes al aprendizaje de ese tema.

La comparación entre los alumnos de la misma escuela, realizada a propósito de la evaluación de retención, comprobó diferencias significativas en relación a los aspectos conceptuales entre estudiantes que participaron del experimento y aquéllos que estudiaron de acuerdo con una metodología convencional. Por otro lado, el bajo desempeño de los alumnos del grupo experimental a la cuestión 6 del test de retención no causa sorpresa ya que la Unidad 5, que profundizaba el formalismo matemático no se

presentó debido a la necesidad de adecuar el tiempo del programa al programa de la escuela.

Otro aspecto positivo fue la acogida en relación al abordaje experimental por parte de los alumnos. En general, les ha gustado la amplitud proporcionada por la metodología que se diferencia de la enseñanza formal y verbalizada por el profesor. Gran parte de los estudiantes comparó y evaluó positivamente el nuevo abordaje con relación a la forma convencional de enseñanza impartida por un único y mismo profesor y resaltó las características positivas del nuevo abordaje. En este caso, no se juzgaba al profesor, sino al método, y eso redujo la interferencia de factores de naturaleza personal.

La experiencia negativa con uno de los profesores que participó de la aplicación preliminar del curso apunta hacia la necesidad de preparación rigurosa del profesor para el abordaje propuesto.

Aunque no hayan sido examinadas las dos últimas unidades del curso, los resultados obtenidos animan la diseminación de esa propuesta entre los profesores de la secundaria. Por esa razón, se está elaborando un texto, destinado a esos profesores, con presentación de una perspectiva constructivista para la enseñanza de la concepción inercial de movimiento, y también con detalles más complejos sobre ese estudio.

Referencias bibliográficas

- DRIVER, R. GUESNE, E. & TIBERGHEN, A. 1985. *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- EINSTEIN, A. & INFELD, L., 1980. *A evolução da Física*. Rio de Janeiro, Zahar Editores. c.1.
- GILBERT, J.K. & ZYLBERSZTAJN, A., 1985. *A conceptual framework for science education: the*

- case study of force and movement*. European Journal of Science Education, 7(2), pp. 107-120.
- NUSSBAUM, J. & NOVIK, S., 1981. *Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study*. The School Science Review, 62 (221), pp. 771-778.
- PARLETT, M. & HAMILTON, D., 1978. *Evaluation as illumination: a new approach to the study of*

- innovatory programmes*. In: D. Hamilton et al. *Beyond the numbers game*. London: MacMillan.
- PEDUZZI, S.S. & PEDUZZI, L.O.Q., 1988. *Leis de Newton: uma forma de ensiná-las*. Caderno Catarinense de Ensino da Física, 5 (3), pp. 142-161.
- PFUNDT, H. & DUIT, R., 1988. *Bibliography: students alternative frameworks and science education*. Federal Republic of Germany, Kiel: University of Kiel.
- SAINT-EXUPERY, A., 1982. *O pequeno príncipe*. Rio de Janeiro, Livraria Agir Editora.
- SOLIS VILLA, R. 1984. *Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 2 (2), pp. 83-89.
- WHITE, R.J., 1984. *Research on cognitive and conceptual change: an Australian and New Zealand perspective*. Paper given at the meeting of the America Educational Research Association, New Orleans.
- ZYLBERSTAJN, A., PEDUZZI, L.O.Q., PEDUZZI, S.S. & SILVA, S.M., 1990. *O ensino da dinâmica através de uma abordagem construtivista*. Encontro de pesquisa em Ensino de Física, 3, Porto Alegre (Brasil).