

ESTUDIO DE LAS DIFICULTADES DE LOS ESTUDIANTES EN LOS CURSOS INTRODUCTORIOS DE FÍSICA EN LA UNIVERSIDAD

Grupo ACEM¹

Consejo de Investigaciones Científicas y Departamento de Física (Universidad de Alcalá) España
Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales
FFHA - Universidad Nacional de San Juan
carmenperez@uah.es; joseotero@uah.es; amacias@ffha.unsj.edu.ar

Introducción

Como integrantes del grupo ACEM, realizamos estudios en diferentes universidades de España y de Iberoamérica (Argentina, Chile y Méjico) sobre las dificultades de los estudiantes en los cursos introductorios de Física. Entre éstas existe un problema básico en la educación de los estudiantes que ingresan a las carreras universitarias de Ciencias en todos estos países y radica en el gran número de abandonos y fracasos. Por esto, nuestro trabajo consiste en identificar alguno de los problemas que tienen los alumnos ingresantes y luego pretendemos influir en la mejora de la enseñanza científica en el nivel preuniversitario, al establecer criterios claros sobre las competencias científicas que deberían desarrollar los alumnos al final de esta etapa.

La problemática que abordamos es muy conocida, dado que el número de alumnos que aprueban el curso de ingreso en las universidades es bajo, siendo un tema preocupante no sólo para los profesores sino que es objeto de polémica en los medios de comunicación. En un estudio realizado en la Universidad Nacional de San Luis da cuenta que hay diversos tipos de reclamos entre los que cabe mencionar la falta de efectividad de la educación preuniversitaria (Benegas y Granata, 2001). Estos autores encontraron que la situación inicial de los ingresantes, en la materia Física, estaba caracterizada por una formación general insuficiente para los requerimientos de las carreras de Ciencias. En la Universidad Nacional de San Juan, específicamente, los alumnos que ingresan a los profesorados de Física, Química y Tecnología encuentran dificultades y los datos estadísticos así lo corroboran. Por otra parte, en un estudio reciente realizado en la Universidad de Alcalá (Pérez de Landazábal et al., 2002) puso de manifiesto que sólo el 30% de los alumnos superan las pruebas típicas de una asignatura introductoria de Física.

Mc Dermott (1984), de la Universidad de Washington en Estados Unidos, destaca que es de particular interés la falla aparente de las universidades para ayudar a los alumnos preuniversitarios a desarrollar un entendimiento conceptual del material que se espera que aprendan. Esta investigadora y su equipo están logrando avances con nuevas metodologías y han

¹ El grupo ACEM es dirigido por M.C. P.Landazábal y J. Otero (Universidad de Alcalá, España) y está integrado por P. Godoy, A. Macías, N. Nappa y S. Pandiella (Universidad de San Juan, Argentina); J. Benegas y M. Villegas (Universidad de San Luis, Argentina),); S. Seballo (Universidad de Santiago, Chile); W. Ahumada y R. Espejo (Universidad Católica del Norte, Chile); M.A. Hidalgo, J. Otero y M.C. P.Landazábal (Universidad de Alcalá, España); H. Ruiz y J. Slisko (Universidad Autónoma de Puebla, México) y H. Alarcón and G. Zavala (Instituto Tecnológico de Monterrey, México).

conseguido mejorar los resultados en los aprendizajes de los estudiantes (Mc Dermott y Redish, 1999).

Un número destacado de trabajos de investigación señalan las dificultades de los estudiantes universitarios en los cursos de Física introductoria y muestran lo complejo y difícil de la tarea docente en los primeros años en las diferentes carreras en la Universidad. Una de las dificultades radica en que los estudiantes llegan a estos cursos con conocimientos que proceden de la vida cotidiana y que se hallan en contradicción con las ideas de la Ciencia. Estos preconceptos están fuertemente vinculados con el origen del ambiente en que viven y con sus experiencias cotidianas (Duit, 1992) y son los que han sido llamados como concepciones alternativas, ideas previas, preconceptos, concepciones espontáneas, etc. (Pozo, 1991; Segura 1991). Interfieren frecuentemente de forma negativa en el aprendizaje de nuevas concepciones científicas (de Posada, 2002). Esto nos indica que ya tienen un marco conceptual cuando comienzan un curso de Física y está demostrado que estas ideas previas son resistentes al cambio a través de la instrucción formal (Coll, 1990; de Posada, 2002; Pérez de Landazábal et al., 2006).

En general, podemos decir que esas concepciones pueden corresponder a modelos mentales alternativos, más ingenuos o de sentido común y que no se relacionan a un modelo mental basado en las concepciones físicas aceptadas por la comunidad científica (Benegas et al., 2006).

En las investigaciones que realizamos, hasta el momento, indagamos sobre los conocimientos y destrezas científicas con los que los alumnos acceden a la Universidad, y también otros factores como el nivel de desarrollo cognitivo y metacognitivo, y las actitudes hacia la disciplina y el estudio. Son investigaciones que realizamos desde diferentes lugares de Iberoamérica y España para poder establecer un perfil más preciso del alumno ingresante que debe adaptarse adecuadamente a las características exigidas por las universidades españolas e iberoamericanas que participan en el proyecto.

En esta ponencia damos a conocer parte de las investigaciones que hemos realizado. Los resultados que se presentan corresponden a las pruebas para medir el conocimiento conceptual de los estudiantes que asisten a la Universidad de Alcalá (España), la Universidad de Antofagasta (Chile) y las Universidades de San Luis y San Juan (Argentina).

Estudio experimental

Muestra

La prueba la administramos a estudiantes de las universidades señaladas, durante los años 2005 y 2006 (de acuerdo al desarrollo de las actividades académicas en cada hemisferio) y antes de haber tenido instrucción en un curso de Física introductoria y con los conocimientos que la educación formal secundaria les había proveído. Luego del curso de Física evaluamos los

mismos conocimientos, con igual prueba. El número de alumnos fue de 591 en la primera evaluación y de 354 en la segunda.

Prueba

Para facilitar la comparación de los resultados entre las diferentes instituciones, elegimos realizar las pruebas (inicial y final) con preguntas de opción múltiple con una sola respuesta sobre ciertos conceptos. Además, en la prueba se solicita a los alumnos (en seis ítems) que manifiesten el grado de seguridad en la respuesta dada.

La prueba nos ha permitido evaluar los conocimientos de los estudiantes ingresantes sobre algunos temas básicos de Matemática y Física que se incluyen en la currícula de la escuela media y se comparan con los resultados después del estudio en un curso introductorio de Física. El instrumento de recogida de datos consta de 13 ítems con preguntas escogidas de pruebas muy conocidas y desarrolladas en investigaciones sobre concepciones alternativas. Por ejemplo, se utilizaron varias preguntas del Inventario de Concepto de Fuerza (Hestenes et al., 1992), de conceptos de circuitos eléctricos (Osborne y Freyberg, 1985; Engelhardt & Beichner, 2004), y el estudio conceptual de Electricidad y Magnetismo (Maloney et al., 2001) e incluimos preguntas sobre la fuerza y energía en una cuesta (Bliss et al., 1988) y tiro vertical (Watts y Zylbersztajn, 1981).

La prueba diseñada con ítems de opción múltiple, tiene el antecedente de pruebas reconocidas, que hemos referenciado anteriormente y que han sido probadas. Son eficaces y permiten detectar la variedad de modelos mentales de los estudiantes.

Las respuestas a las diferentes preguntas sobre cada ítem responden al modelo que tiene el alumno y será correcta cuando el estudiante tenga un modelo científico fuertemente arraigado. Para esto, se hace necesario que cada ítem de respuestas múltiples contengan, como distractores, una taxonomía lo más completa posible de aquellos modelos alternativos y/o dificultades (Benegas et al., 2006). Está comprobado que, en general, el número de las respuestas son pocas. Así ha sido posible valorar cada pregunta y hemos podido clasificarlas de acuerdo a los modelos acordados.

Proporcionamos algunos resultados parciales de Física y comparamos el conocimiento conceptual de estudiantes de las diferentes universidades antes y después de la instrucción en los cursos introductorias de Física.

Resultados

Los resultados obtenidos que se presentan en las Tablas 1 y 2 corresponden a los porcentajes de respuestas correctas sobre las preguntas de Mecánica de las pruebas (antes y después).

	P6	P7	P8	P9.1	P9.2	P10.1	P10.2	P10.3
UAH	54	14	21	64	25	25	23	86
UCN	36	11	13	82	22	32	20	79
UNSL	42	13	27	72	20	28	22	82
UNSJ	38	19	13	94	6	25	13	75
TOTAL	43	14	19	78	18	28	20	81

Tabla 1: Resultados, en porcentajes de respuestas correctas, de las preguntas de Mecánica (prueba inicial)

	P6	P7	P8	P9.1	P9.2	P10.1	P10.2	P10.3
UAH	67	36	31	78	58	28	28	100
UCN	59	29	38	68	48	40	28	77
UNSL	65	35	58	60	51	63	60	79
UNSJ	88	13	50	100	44	44	38	94
TOTAL	70	28	44	77	50	44	39	88

Tabla 2: Resultados, en porcentajes de respuestas correctas, de las preguntas de Mecánica (prueba final)

Las Tablas 1 y 2 nos permiten comprobar que aunque mejoran los porcentajes en los diferentes ítems continúan con dificultades conceptuales.

A continuación analizamos algunas de las preguntas, principalmente aquellas en donde los porcentajes en la prueba de conocimientos conceptual han obtenido bajos resultados. Por ejemplo la referida al movimiento uno-dimensional simple con velocidad constante que involucra la fricción (pregunta 7) y que presentamos en el Cuadro 1.

Una mujer va empujando, de manera horizontal, con fuerza constante una caja grande que está colocada sobre el piso. Como resultado, la caja se mueve sobre el piso horizontal a velocidad constante " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:

- tiene la misma magnitud (módulo) que el peso de la caja.
- es mayor que el peso de la caja.
- tiene la misma magnitud (módulo) que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.

Cuadro 1: Pregunta N° 7 de la Prueba de conocimientos

Sólo el 14 % (antes) y 28 % (después) del número total de estudiantes contestaron la pregunta correctamente. Si lo discriminamos por universidades no encontramos una diferencia significativa entre países. Los que no han podido superarla son los de la UNSJ que registran valores muy bajos. Así lo podemos apreciar en la Tabla N° 3.

Universidad	% de alumnos aprobados (antes)	% de alumnos aprobados (después)
Universidad de Alcalá (España) (UAH)	14	36
Universidad de Antofagasta (Chile) (UCN)	11	29
Universidad Nacional de San Luis (Argentina) (UNSL)	13	35
Universidad Nacional de San Juan (Argentina) (UNSJ)	19	13
Total	12	30

Tabla 3: Resultados de las respuestas a la pregunta 7, en las diferentes universidades

Hemos encontrado que aunque hay una mejora en el porcentaje de respuestas correctas (opción c) en la prueba posterior al cursado, persisten las concepciones alternativas. Perdura la idea que la fuerza en la dirección de movimiento debe ser más grande que la fuerza de rozamiento (opción d) y otros estudiantes aceptan la mezcla de las fuerzas verticales y horizontales (opción e). Estas dificultades interfieren notablemente en la instrucción cuando se trabaja la Segunda Ley de Newton. Estos comentarios pueden apreciarse, en el Gráfico N° 1 donde presentamos las respuestas de la prueba final de acuerdo a las diferentes opciones de la pregunta.

Pregunta 7 (después)

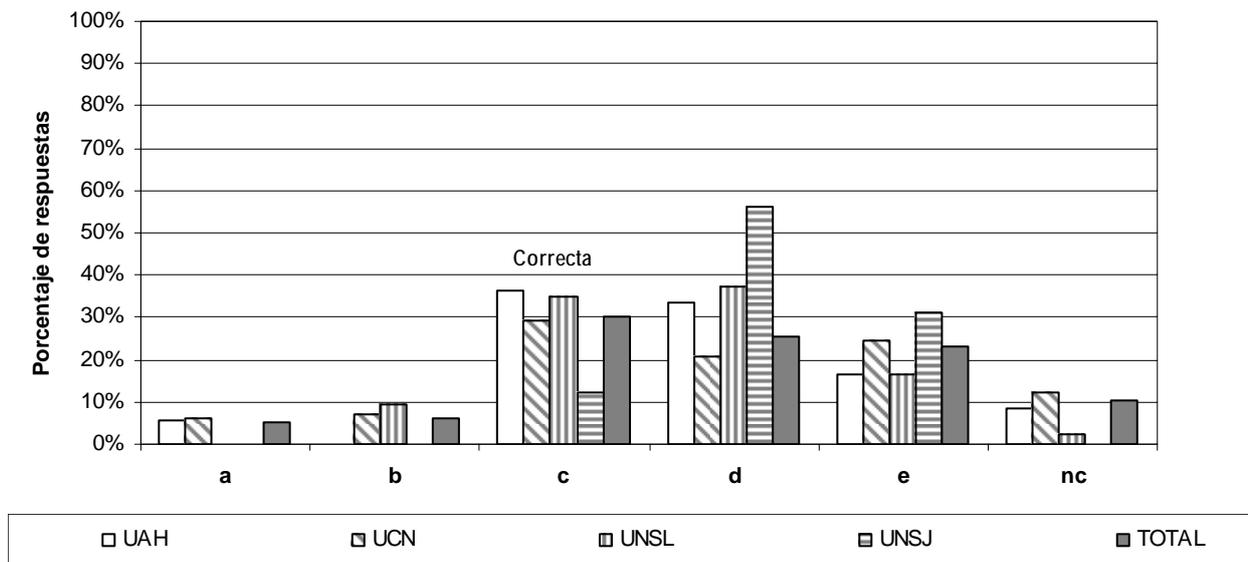
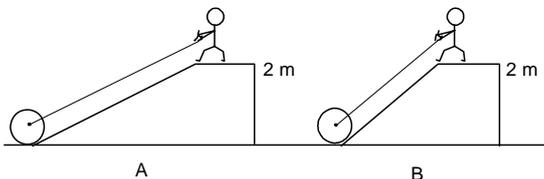


Gráfico 1: Resultados de respuestas a la pregunta 7, donde aparecen los diferentes modelos que tienen los estudiantes.

Otro ejemplo sobre los inconvenientes que manifiestan los estudiantes los encontramos en la pregunta 9. La misma la presentamos en el Cuadro 2.

9. El dibujo muestra a un hombre que sube con velocidad constante un cilindro pesado desde el suelo hasta una altura de 2 metros, pudiendo utilizar dos rampas. El rozamiento (fricción) rampa-cilindro se considera despreciable. Haga una marca en el recuadro de la respuesta con la que esté de acuerdo:



9.1. ¿En qué caso ejerce el hombre más fuerza?

En A

En B

Igual en los dos casos

9.2.- ¿En qué caso se requiere más energía para subir el cilindro hasta la altura de 2 metros?

En A

En B

Igual en los dos casos

Cuadro 2: Pregunta N° 9-2 de la prueba de conocimientos

Hemos encontrado que para la opción 9-1 (antes y después) tienen mejores resultados que para la opción 9-2. Para esta última pregunta, el 18 % del total de los estudiantes (antes) responden correctamente y después del cursado lo hacen el 50%. Vemos que siguen persistiendo concepciones alternativas como que la rampa con mayor inclinación requiere más energía para lograr levantar el cilindro.

La opción B que es la correcta para la pregunta referida a la fuerza (9-1), no lo es para la de energía (9-2). Cuando responden B en ambas preguntas, podemos interpretarlo considerando que hay alumnos que no pueden diferenciar entre fuerza y energía, constituyendo un ejemplo de la confusión muy común entre estos conceptos físicos que son diferentes. Pareciera que el enfoque tradicional del estudio de la energía y su conservación no es eficaz para proporcionar una idea global de la energía, ya que induce a confusión entre fuerza y energía (Pérez de Landazábal y Moreno, 1998).

En la Tabla 4 presentamos el porcentaje de alumnos que cometen el error y también los que responden correctamente ambas opciones, correspondiente a la prueba final.

	UAH	UCN	UNSL	UNSJ
Respuestas: B (correcta para fuerza) y B (incorrecta para energía)	33	22	28	13
Respuestas correctas (B: 9-1 e igual para ambos casos: 9-2)	31	32	26	44

Tabla 4: Resultados, en porcentajes, de las opciones a ambas preguntas del ítem 9

Podemos apreciar en el Gráfico 2 los porcentajes para las diferentes opciones que responden los estudiantes referidos a energía.

Pregunta 9 - 2 (después)

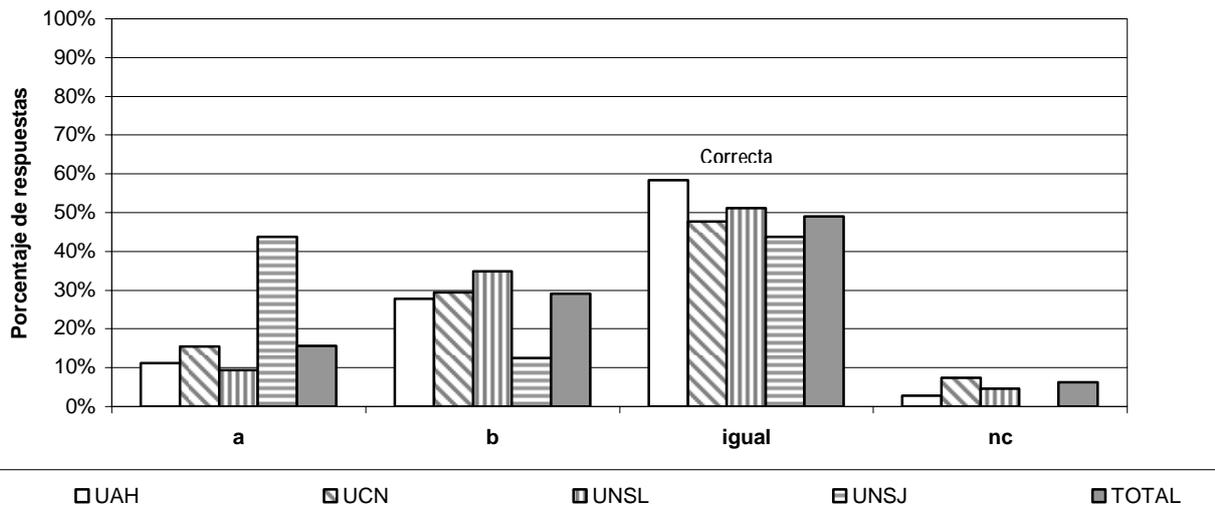


Gráfico 2: Resultados de respuestas a la pregunta 9 - 2, donde aparecen los diferentes modelos

En lo que respecta a la seguridad, que manifiestan los estudiantes ante las respuestas al ítem 9, encontramos que los estudiantes de las UCN, UNSL y UNSJ expresan que tienen *mucha seguridad* de haber seleccionado la opción correcta (15%, 18% y 29% respectivamente). En cambio los alumnos de la UAH se inclinan por responder un 59% que tienen *bastante seguridad* y ninguno manifiesta mucha seguridad. Estos datos requieren un análisis más detallado, lo que nos podrá brindar conocimientos en lo que respecta a los aspectos metacognitivos. Este aspecto es importante ya que hace al conocimiento respecto de los propios procesos cognitivos que la persona está llevando a cabo.

Todos los casos que tenemos analizados resultan muy interesantes y muestran las numerosas cuestiones referidas a concepciones alternativas que están lejos de las concepciones científicas. Dado lo limitado de esta presentación sólo hemos comentado dos preguntas.

Conclusiones

En esta exposición sólo hemos presentado resultados parciales. Ya contamos con la valoración de toda la prueba de conocimientos donde hemos determinado el conocimiento conceptual de los estudiantes ingresantes a la universidad en temas referidos a Matemática, leyes básicas de Mecánica y Electricidad. En el caso específico de Mecánica, encontramos que persisten problemas serios que se manifiestan en dificultades conceptuales como son, fuerza y energía, como así también no dominan el concepto de aceleración (Pérez de Landazábal et al., 2006).

Podemos afirmar que las dificultades de los alumnos, en las diferentes universidades, son similares, aunque es necesario establecer con más detalle las debilidades encontradas.

Es evidente que las metodologías de enseñanza utilizadas en los cursos introductorios de Física no logran revertir, en muchos casos, los resultados que aparecen en la prueba inicial. Es por esta razón, que está entre los objetivos que persigue el grupo ACEM, el de analizar los programas y propuestas educativas de asignaturas introductorias de Ciencias (específicamente Física en esta primera etapa) en las Universidades participantes. Este análisis comparativo llevará a la identificación de las fortalezas y debilidades en las programaciones. A la vez pretendemos elaborar recomendaciones para la enseñanza científica en el nivel preuniversitario, teniendo como referencia los resultados obtenidos al establecer criterios claros sobre las competencias científicas que deberían desarrollar los alumnos al final de esta etapa.

Bibliografía

- BENEGAS, J. y GRANATA, M. L. (2001). "El problema del ingresante en la universidad pública Argentina: estrategias para favorecer su inclusión y éxito académico". *Actas II Congreso Iberoamericano De Didáctica Universitaria*, 1, P.132. Osorno, Chile.
- BENEGAS, J., VILLEGAS, M.; PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M. y Otero, J. (2006). "El frecuente absurdo educativo de cuando más es menos". *Simposio de Investigadores en Educación en la Física (SIEF)*. Memorias en CD. (Gualeguaychú, Entre Ríos).
- BLISS, J., Morrison, I. and Ogborn, J. (1988). A longitudinal study of dynamics concepts. *International Journal of Science Education* **10** (1), 99-110.
- BLISS, J., Morrison, I. and Ogborn, J. (1988). A longitudinal study of dynamics concepts. *International Journal of Science Education* **10** (1), 99-110.
- COLL, C. (1990). "Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: la concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza". En: Coll, C.; Palacios, J. y Marchesi, A. (comps): "*Desarrollo psicológico y educación*" Vol II. España: Alianza.
- DE POSADA, J. M. (2002). "Memoria, cambio conceptual y aprendizaje de las ciencias". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 1 N° 2*.
- DUIT, R. (1992). "El Rol del Enfoque Constructivista en la Didáctica de las Ciencias Naturales". *Paideia* **17**, Concepción, Chile, pp 51-56.
- ENGELHARDT, P.V., & Beichner, R. J. (2004). "Students' understanding of direct current resistive electrical circuits". *American Journal of Physics* **72** (1), p. 98-115.
- HESTENES D., Wells M. and Swackhamer G. (1992). "Force Concept Inventory". *The Physics Teacher* **30** (3), p.141-158.
- MC DERMOTT, L.C., (1984). "Research on conceptual understanding in mechanics. Recent investigations of the difficulties that students encounter in learning physics are beginning to provide a new resource for improving instruction". *Physics Today*, Julio, pp. 24-34.
- MC DERMOTT L. C. And Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics* **67**(9) 755-767.
- MALONEY, D.P., O'Kuma, T.L., Hieggelke, C.J., & van Heuvelen, A. (2001). "Surveying Students' conceptual knowledge of electricity and magnetism". *American Journal of Physics* **69** (7), S12-S23.
- OSBORNE, R.J. and Freyberg, P. (1985). *Learning in Science*. The implications of children's science. London: Heinemann.
- PÉREZ DE LANDAZABAL, M. del C. Moreno Rebollo, J, M. (1998). *Evaluación de dificultades en el aprendizaje de Física y Química en el Segundo Ciclo de la Eso*. Madrid: CIDE.

- PÉREZ-LANDEZÁBAL, M.C., Bilbao, F., Otero, J., y Caballero, C. (2002). "Formación inicial y rendimiento en Física del primer curso universitario". *Revista de Educación* 329, 331-347.
- PÉREZ DE LANDEZABAL, M. del C. y grupo ACEM (2006). *Identifying Relevant Prior Knowledge and Skills in Introductory College Physics Courses*. GIREP, (Conference, in Amsterdam).
- POZO, J. I. (1991). "Las ideas de los Alumnos sobre la Ciencia: Una interpretación desde la Psicología Cognitiva". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp 83-94.
- SEGURA, D. (1991). "Una Premisa para el Cambio Conceptual: El Cambio Metodológico". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), pp 175 -180.
- WATTS, D. and Zylbersztajn, A. (1981). "A survey of some children's ideas about force". *Physics Education* 16, 360-365.