

CONCEPCIÓNS DOS ALUMNOS SOBRE MECÁNICA CLÁSICA. ESCOLMA BIBLIOGRÁFICA

Domínguez Castiñeiras, José Manuel (Universidade de Santiago)

García-Rodeja Fernández, Eugenio (Universidade de Santiago)

Arias Vázquez, María Teresa (C.P. Raíña Fabiola. Santiago)

Illobre González, María Laura (C.P. Vite. Santiago)

Martínez Rivas, Guadalupe (C.P. Ramón Cabanillas. Santiago)

Otero Echart, María (C.P. Sionlla. Santiago)

Rodríguez Lema, Carmen María (C.P. Pío XII. Santiago)

Rodríguez Rodríguez, María Dolores (C. Calasanz. A Coruña)

Túñez López, María Genoveva (C.P. Arca. O Pino)

INTRODUCCIÓN

Neste artigo presentamos unha breve revisión bibliográfica comentada das concepcións dos alumnos sobre conceptos clave utilizados na Mecánica Clásica.

Este traballo preséntase como un exemplo da actividade que desenvolve o Seminario Permanente «*Proxecto AcAb. Un deseño curricular para o ensino da Física no nivel 12-16*» (GARCIA-RODEJA, 1987). Trátase dun deseño curricular para o ensino da Física no nivel 12-16, dirixido polo Profesor Dr. Eugenio García-Rodeja Fernández, que se está a desenvolver por profesores en exercicio nos citados niveis, no seno do Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais.

Hai moitos conceptos de Física e de Química que os nosos alumnos non foron capaces de aprender de forma significativa. Plantexámonos as causas sobre a base de que o coñecemento constrúese na mente do que aprende. O número, diversidade e relacións entre conceptos vanse manifestar decisivos para que se dean os procesos de asimilación, acomodación e, sobre todo, integración conciliadora. Deste xeito o que se aprende, a facilidade para aprender, recordar e utiliza-lo aprendido, está en función do número e significatividade dos conceptos que compoñen a estrutura cognitiva do suxeito que aprende (Novak e Gowin, 1988).

Mentras a pedagogía clásica atribúe, xeralmente, as concepcións alternativas dos alumnos ó proceso de aprendizaxe, as teorías actuais consideran as concepcións alternativas do alumno coma un paso obrigatorio na aprendizaxe e non coma un defecto da estrutura cognoscitiva do alumno. O alumno aproxima as súas concepcións alternativas ás da ciencia escolar (Osborne e Freyberg, 1991).

Dende este marco constructivista, maniféstanse fundamentais, como referencial ineludible no desenvolvemento de materiais e estratexias de aula, as concepcións coas que os alumnos chegan ás clases de Ciencias (Zylbersztajn, 1991; Thorley, 1992).

ESCOLMA BIBLIOGRÁFICA

Con esta escolma pretendemos coñecer-lo estado da situación sobre a investigación das concepcións dos alumnos en Mecánica Clásica e facer unha primeira aproximación ás posibles implicacións didácticas que aquelas poden ter no ensino da materia.

FORZA

Moitos alumnos representan a forza dun xeito intuitivo e próximo a súa experiencia diaria. Asocian a forza co esforzo muscular. Consideran asemade que é a causa do movemento: se un corpo se move é porque hai unha forza actuando sobre él na dirección do movemento (Watts e Zylberstajn, 1981).

Este concepto, fundamental na mecánica de Newton, parece presentarse como un concepto difícil para os alumnos, non só nestes niveis elementais do ensino senón tamen en niveis máis avanzados (Watts, D.M., 1982, 1983). Os alumnos -a súa experiencia é que teñen que empuxar para move-las cousas- intúen que eles poñen algo nese obxecto que eles moven. Se na escola lle dicimos que hai algo que afecta ó movemento que se chama forza, non debe estranarnos que asimilen que a forza sexa ese «algo» que se mete no corpo para facelo mover. O problema que se plantexa é que na mecánica newtoniana ese «algo» que fai que o corpo se mova é a cantidade de movemento, pero a cantidade de movemento non é a forza.

VELOCIDADE

Piaget indícanos que, xa dende pequenos podemos intuír se un automóvil leva máis ou menos velocidade ca outro. Os estudantes relacionan a velocidade coa rapidez no desprazamento.

Pero tamén nos alerta, e Cañal (1986) nolo confirma, sobre a grande dificultade de incorpora-lo significado da relación espacio-tempo no estadio concreto de desenvolvemento cognitivo. O exposto deberá chama-la nosa atención pois poidera parecer que se ten incorporado o devandito concepto polo feito de saber resolver un mero algoritmo matemático ($v = \Delta e / \Delta t$). Incluso chegamos a observar nas nosas clases que os alumnos non consideran Δe e Δt intervalos, senón espacio e tempo absolutos.

En relación ó concepto de velocidade hai unha grande confusión no recoñecemento do carácter vectorial desta magnitude (Whitaker, 1983) e cando se trata de velocidades relativas, aínda no caso máis sinxelo de que as dúas teñan a mesma dirección e sentido, a composición, según Inhelder e Piaget (1985) é un problema difícil xa que require un pensamento formal.

ACELERACIÓN

Parece haber confusión entre aceleración e maior velocidade. A formalización deste concepto non é tan sinxela como nos poidera parecer. Comprender cualitativamente o concepto de aceleración como relación entre a variación da velocidade e o tempo transcurrido (Trowbridge e McDermott, 1980) non é tan doado; Shayer e Adey (1984) xa nos advirten que se acada de forma intuitiva no nivel concreto avanzado e como medida da variación da velocidade, no nivel formal inicial.

Non nos pode estranar que a categoría dos movementos circulares sexa difícil de incorporar dado que se xuntan a dificultade do carácter vectorial, có problema do papel innecesario das forzas centrais fronte á crenza dunha forza na dirección do movemento (Sanmartí, 1987).

A aceptación do modelo newtoniano non é doada: mentras o «sentido común» nos di que as cousas tenden a pararse, a frenar, e que para ir máis rápido hai que «acelerar», na mecánica newtoniana plantéxase ó revés -as cousas teñen unha cantidade de movemento constante ($mv = \text{cte}$) e sómentes varía cando aparece a forza, $d(mv)/dt = ma = f$. Plantéxase así un problema de conservación da cantidade de movemento que contradí calquera tipo de intuición (a Física da escola fronte á Física do «sentido común»).

MASA E PESO

Preséntase o problema da comprensión da diferente natureza da masa como cantidade e do peso como forza. Non se admite que o peso e a forza da gravidade sexan o mesmo, xa que para moitos alumnos o peso non é sinónimo de forza, senón algo máis parecido á masa. Como di Piaget: *«O peso considérase, a tódolos niveis, non exactamente como unha forza, senón máis ben como un coeficiente de acción (pero non dirixido cara abaixo) e, por isto non existe diferenza coa masa. Compréndase a cantidade de problemas que isto supón para o suxeito que aprende, pero tamén para o investigador que trata de investiga-lo que experimenta o suxeito»*.

Os alumnos aceptan mellor a existencia das forzas de contacto que das forzas a distancia (Halloun e Hestenes, 1985). Para moitos non hai gravidade no Espacio (Champagne et col., 1980) e tampouco na Lúa (Roper, 1985). Cando se trata de explicala devandita forza bótanlle a culpa ó ar que empuxa os obxectos cara abaixo, outros atópana no xiro da Terra.

A estrutura cognitiva do neno de 11-12 anos aínda non é unha estrutura estable. Piaget e Inhelder estudaron a xénese das conservacións concernentes a tres nocións fundamentais da sustancia, do peso e do volume en sólidos plásticos e en líquidos. Estas experiencias amosan a existencia dunha etapa na que o nenos entre 9 - 11 anos asentán a conservación da masa e do peso pero non así do volumen, polo que sigue a haber problemas para incorporar a conservación do peso aínda que haxa variación de forma.

Parece que poidan existir unha serie de fases que se suceden pasando da indiferencia-ción entre o peso cantidade, propiedade do corpo, e o peso-acción, manifestación de efectos dinámicos varios (Halbwachs e Bovet, 1980).

EQUILIBRIO

A palabra equilibrio relaciónase con inestabilidade, fronte ó concepto físico (equilibrio de forzas). Hai unha concepción alternativa entre os alumnos (Clement 1982): ten que haber forzas actuando sobre os corpos en movemento na dirección de dito movemento e non existen forzas actuando sobre os corpos en equilibrio.

Por outra banda relacionar equilibrio con flotación en líquidos presenta a dificultade do concepto de empuxe. Tal como indica Barral (1990): *«Como cando os corpos están flotando existe equilibrio, pódese creer que non existen forzas actuando sobre eles, ...»*

FORZAS DE ROZAMENTO

Falabamos antes da dificultade que supoñía a incorporación por parte dos alumnos da primeira lei de Newton (a Física escolar fronte á Física do «sentido común») e isto débese a que a experiencia diaria dinos que as cousas se paran. As forzas de rozamento non son intuitivas. A fricción vai estar asociada co desgaste, fricción, xeración de calor (Stead e Osborne, 1981 a) e sempre entre obxectos sólidos.

Asocian fricción con movemento relativo. Dúas superficies que non están en movemento relativo non implican forzas de fricción. Xeralizan que non existen forzas de rozamento entre obxectos en repouso (Osborne e Freyberg, 1991).

MOVEMENTO

Tal como indicamos anteriormente cando falabamos da forza: a concepción do estudante é de que ten que haber forzas actuando sobre os corpos en movemento, na dirección de dito movemento, e a visión newtoniana do problema implica un formalismo como é o da cantidade de movemento. Os alumnos conciben o movemento como resultado da acción dunha forza ou como o simple desprazamento (Clement 1982; Towbridge e Mc Dermott, 1984).

IMPLICACIÓNS DIDÁCTICAS

A Mecánica Newtoniana é unha teoría descriptiva e interpretativa da realidade. Neste senso é algo convencional, establecido e aceptado, no seu momento, pola comunidade científica.

No establecemento deste convenio os estudantes non participaron. Por se-los conceptos da mecánica moi cercanos ás experiencias pessoais, os alumnos teñen desenroladas concepcións alternativas acerca dos mesmos. Teñen establecido o seu propio compromiso epistemolóxico, que utilizan na interpretación da realidade circundante.

Plantéxase así o dilema da física escolar fronte á física do «sentido común». Esta última resúltalles máis intelixible, plausible e fecunda (Osborne e Fryberg, 1991). Así as concepcións alternativas dos estudantes teñen un estatus superior ós conceptos que lles propón a Física. Non é de estranar que lles resulte difícil ós alumnos aceptalas ideas que lles propón a ciencia escolar, isto suporía cambear o seu compromiso epistemolóxico. Neste senso o problema que se plantexa na aprendizaxe da Mecánica Newtoniana está referido á ecoloxía conceptual (Thorley, 1992) do alumno, que se vai presentar como un problema crucial no proceso de aproximación da ciencia do alumno á ciencia escolar.

Pero non é, somentes, o estatus das concepcións alternativas dos alumnos o que presenta problemas na aprendizaxe da Mecánica Newtoniana. As ideas Newtonianas son formais. O seu tratamento, incluso nalgúns casos a nivel cualitativo, require este tipo de pensamento. Polo tanto as dificultades de tipo cognitivo están tamén presentes. A análise da demanda cognitiva dos materiais, que van ser obxecto de estudio, así como a súa secuenciación son asuntos que se presentan ineludibles para os profesores e diseñadores de curricula.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos á Xunta de Galicia a financiación do proxecto de investigación *Proxecto AcAb: un deseño curricular para o ensino das Ciencias Experimentais* (XUGA 7180189).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BARRAL, F.M., 1990, ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), pp 244 - 250.

CAÑAL, J.L., 1986, *La vitesse au cours moyen*. ASTER, 2, pp 133-166.

CLEMENT, J., 1982, Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, pp 66-71.

CHAMPAGNE, AB.; KLOPFER, L.E.; ANDERSON, J.H., 1980, Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48 (12), pp 1074 - 1079.

GARCIA-RODEJA, E; LORENZO BARRAL, F.M.; DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS, J.M., DIAZ DE BUSTAMENTE, J., 1987, *Proxecto AcAb. Química. Una visión de la Enseñanza Integrada de la Química por medio de Actividades Abiertas*. Servicio de Publicacións e Intercambio Científico. Universidade de Santiago de Compostela.

HALBWACHS, F.; BOVET, M., 1980, Le Poids et la Masse en Classe de Sixième. *Revue Française de Pedagogie*, 53, pp 4 - 18.

HALLOUN, I.A.; HESTENES, D., 1987, Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53 (11), pp 1056 - 1065.

INHELDER, B. ; PIAGET, J., 1985, *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Paidós Psicología Evolutiva. Barcelona.

LAWSON , A.E.; SEPHERD, G.D., 1976, Syntactical Complexity in Written Language and Cognitive Development at the Formal Level. *Science Education*, 63 (1), pp 73 - 81.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B., 1988, *Aprendiendo a Aprender*. Martínez Roca, Barcelona.

OSBORNE, R. ; FREYBERG, P., 1991, *El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los alumnos*. Narcea, Madrid.

ROPER, T., 1985, *Students' Understanding of Selected Mechanics Concepts*. Leeds, UK. A. Orton.

SANMARTI, N.; CASADELLA, J., 1987, Semejanzas y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolución histórica de las Ciencias: el ejemplo del concepto de fuerza y especialmente del de fuerza de gravedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), pp 53-58.

SHAYER, M.; ADEY, P., 1984, *La Ciencia de Enseñar Ciencias*. Narcea. Madrid.

STEAD, K.E.; OSBORNE, R.J., 1981a, What is friction? Some children's ideas. *Australian Science Teachers Journal*, 27 (3), pp 57 - 51.

STEAD, K.E.; OSBORNE, R.J., 1981b, What is gravity?: Some children's ideas. *Science Teacher*, 30, pp 5 - 12.

THORLEY, N.R., 1992, Classroom Conceptual Ecologies: Contrasting Discourse in conceptual change Instruction. Presentado en *the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Boston, Massachusetts, March 21-25.

TROWBRIDGE, D.E.; McDERMOTT, L.C., 1980, Investigation of Student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48 (12), pp 1020 - 1028.

WATTS, D.M., 1982, Gravity-don't it for granted! *Physics Education*, 17, pp 116-121.

WATTS, D.M., 1983, A Study of School Children's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 5 (2), pp 217-230.

WATTS, D.M.; ZYLBERSZTAJN, A., 1981, A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16 (6), pp 360 - 365.

WHITAKER, R.J., 1983, *An Examination of Student Inconsistencies in their understanding of trajectory motion*. H. Helm e J.D. Novak. Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics, 20-22 de xuño de 1983; Cornell University, Ithaca, NY, USA, pp 401-406.

ZYLBERSZTAJN, A., 1991, *Revoluções Científicas e Ciência Normal na Sala de Aula*, en MOREIRA, M.A.; ROLANDO, AXT., 1991, *Tópicos em Ensino de Ciências*. Sagra Editora, Porto Alegre, Brasil.