

¿Qué tan bueno es un buen ejemplo en Física?

Maximiliano Montenegro

Resumen

Este trabajo presenta un estudio empírico orientado a analizar la relación entre los patrones de respuesta de los estudiantes y las características físicas de las situaciones utilizadas para evaluar su comprensión del concepto de energía. Estudios previos han mostrado que los estudiantes tienden a responder de manera diferente ante problemas conceptualmente equivalentes, lo que sugiere que su desempeño depende de los rasgos contextuales del problema. En este trabajo, se emplearon cuatro situaciones físicas equivalentes, consistentes en dos bloques deslizándose por un plano inclinado, que diferían únicamente en la dirección del movimiento (ascendente o descendente) y en la presencia o ausencia de fricción. El análisis multivariado de varianza (MANOVA) reveló efectos significativos del atributo fricción/no fricción en los puntajes promedio de los subdominios de dinámica y energía. En conjunto, los resultados sugieren que la dificultad percibida de un problema depende más de su frecuencia de uso en la enseñanza que de su complejidad intrínseca, y que los estudiantes aprenden de manera dependiente del contexto, lo que limita la transferencia de los aprendizajes a nuevas situaciones. Finalmente, a partir de estos resultados, el trabajo discute estrategias de enseñanza orientadas a superar estas limitaciones y promover una comprensión más integrada del concepto de energía.

Palabras clave: Energía, concepciones alternativas, enseñanza de la Física.

Abstract

This article presents an empirical study aimed at analyzing the relationship between students' response patterns and the physical characteristics of the situations used to assess their understanding of the concept of energy. Previous studies have shown that students tend to respond differently to conceptually equivalent problems, suggesting that their performance depends on the contextual features of the problem. In this study, four equivalent physical situations were used, consisting of two blocks sliding on an inclined plane, which differed only in the direction of motion (upward or downward) and in the presence or absence of friction. A multivariate analysis of variance (MANOVA) revealed significant effects of the friction/no-friction attribute on the average scores in the dynamics and energy subdomains. Overall, the results suggest that the perceived difficulty of a problem depends more on how frequently it is used in instruction than on its intrinsic complexity, and that students learn in a context-dependent manner, which limits the transfer of learning to new situations. Finally, based on these results, this work discusses teaching strategies aimed at overcoming these limitations and promoting a more integrated understanding of the concept of energy.

Keywords: Energy, alternative conceptions, Physics teaching.

1. Introducción

El concepto de energía ocupa un lugar central en la enseñanza de la física, pero su comprensión presenta dificultades persistentes en distintos niveles educativos. Diversos estudios (Chen et al., 2014; Duit, 2014; Eisenkraft et al., 2014; Neidorf et al., 2020) han documentado la presencia de respuestas inconsistentes y contextualmente dependientes por parte de los estudiantes. Duit (2014) destaca que la enseñanza tradicional del tema, centrada en una perspectiva mecanicista, favorece la formación de comprensiones parciales y dependientes del contexto. Por su parte, Neidorf et al. (2020) muestran que, incluso tras la instrucción formal, los patrones de respuesta evidencian errores recurrentes que dificultan la transferencia del conocimiento entre contextos equivalentes. En este marco, la presente investigación busca determinar si existe una relación entre los patrones de respuesta de los estudiantes y las características físicas de las situaciones empleadas para evaluar su comprensión del concepto de energía. Para ello, se comparan los resultados obtenidos por los estudiantes ante cuatro situaciones conceptualmente equivalentes, diferenciadas por la presencia de fricción y la dirección del movimiento. El análisis permite explorar en qué medida los cambios en el contexto físico afectan el desempeño y la coherencia interna de las respuestas.

2. Metodología

La muestra estuvo compuesta por 99 estudiantes universitarios chilenos de primer año, participantes de un curso introductorio de física. El instrumento que se aplicó consistió en un test de opción múltiple con ítems distribuidos en cuatro subdominios: información sobre la situación física, dinámica, trabajo y energía. Se elaboraron cuatro versiones equivalentes del test, basadas en un problema en el que los estudiantes debían comparar las propiedades físicas de dos bloques de distinta masa que se deslizan por un plano inclinado. Las versiones diferían en la dirección del movimiento de los bloques (ascendente o descendente) y la presencia o ausencia de fricción en el plano. Las puntuaciones promedio de los subdominios se analizaron mediante un análisis multivariado de varianza (MANOVA) y, posteriormente, mediante análisis univariados (ANOVA) para identificar efectos específicos.

3. Resultados

El MANOVA mostró un efecto significativo del atributo fricción/no fricción sobre los puntajes promedio de los subdominios de conocimiento ($\Lambda = 0,83$, $\eta^2 = 0,17$, $p < ,01$), mientras que el atributo dirección del movimiento no alcanzó significancia estadística ($\Lambda = 0,91$, $\eta^2 = 0,09$, $p < ,059$). No se observó interacción significativa entre ambos factores ($\Lambda = 0,99$, $p < ,880$). Los análisis univariados indicaron efectos significativos del factor dirección en el subdominio de dinámica ($F(1,97) = 6,74$, $p < ,05$, $\eta^2 = ,07$), y del factor fricción/no fricción en los subdominios de dinámica ($F(1,97) = 13,32$, $p < ,01$, $\eta^2 = ,12$) y energía ($F(1,97) = 14,10$, $p < ,01$, $\eta^2 = ,13$). Los

puntajes promedio disminuyeron al introducir fricción, especialmente en los dominios de dinámica y energía. Estos resultados indican que el patrón de respuesta de los estudiantes varía sistemáticamente con el tipo de situación física, reflejando una sensibilidad a los rasgos contextuales de los problemas propuestos.

4. Discusión y Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que los patrones de respuesta de los estudiantes dependen de los atributos físicos de las situaciones presentadas. La influencia del factor fricción evidencia que la estructura superficial del problema afecta la forma en que los estudiantes aplican su conocimiento conceptual. Las diferencias observadas en los puntajes de los subdominios de dinámica y energía reflejan la dificultad para transferir los principios de conservación y transformación de energía entre contextos representacionalmente distintos. Estos resultados coinciden con las observaciones de (Duit, 2014), quienes plantean que la comprensión de la energía requiere articular diversas formas de representación y niveles de abstracción. Asimismo, se relacionan con los hallazgos de Neidorf et al. (2020), que muestran la persistencia de errores y la influencia del contexto en el desempeño de los estudiantes en evaluaciones internacionales. Desde una perspectiva analítica, los resultados indican que el patrón de respuesta constituye un indicador sensible de la estructura cognitiva subyacente, y que las variaciones contextuales pueden interpretarse como evidencia de una organización conceptual fragmentada. Esto implica que la mayor o menor dificultad percibida se vincula más a la frecuencia de uso del ejemplo durante la instrucción que a su complejidad conceptual. En este sentido, los ejemplos más frecuentes pueden reforzar y acelerar el aprendizaje en ese contexto específico, pero limitar la transferencia a nuevas situaciones. Por el contrario, el uso de ejemplos variados o menos familiares favorece la generalización y la aplicación flexible del conocimiento. Dado que el factor fricción produjo disminuciones sistemáticas en el desempeño (especialmente en dinámica y energía), se recomienda reforzar curricularmente la enseñanza de la fuerza de roce y su papel en el movimiento, explicitando que (1) el roce cinético siempre se opone al deslizamiento, (2) su magnitud depende de la fuerza normal y, en estas situaciones, (3) tiende a reducir la rapidez; además, conviene vincular directamente fricción y energía, destacando que el trabajo de la fricción es negativo (por oponerse al movimiento) y, por tanto, disminuye la energía mecánica. Complementariamente, para favorecer la transferencia, se sugiere (1) diseñar secuencias con ejemplos variados y deliberadamente menos familiares, (2) enseñar a los estudiantes a identificar y usar variables que caracterizan el problema (por ejemplo, arriba/abajo y con roce/sin roce), (3) resolver al menos un caso en detalle mostrando cómo cambian los pasos de solución según esas variables y (4) entrenar explícitamente la clasificación correcta de nuevas situaciones a partir de dichos rasgos.

Referencias

- Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J., & Scheff, A. (Eds.). (2014). *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. Springer.
- Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (1st ed., pp. 67–85). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_5
- Eisenkraft, A., Nordine, J., Chen, R. F., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Scheff, A., Nordine, J., Chen, R. F., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., & Scheff, A. (2014). Introduction: Why Focus on Energy Instruction? In R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (1st ed., pp. 1–11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_1
- Neidorf, T., Arora, A., Erberber, E., Tsokodayi, Y., & Mai, T. (2020). Student Misconceptions and Errors in Physics and Mathematics Exploring Data from TIMSS and TIMSS Advanced (S. Hegarty & L. Rutkowski, Eds.). Springer Nature Switzerland AG. <http://www.springer.com/series/14293>