پژوهش در آموزش علوم تجربی، دوره ۱۲، شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۱۱۵-۱۰۸

"ویژه‌نامه ششمین همایش ملی آموزش فیزیک"

پژوهش در آموزش علوم تجربی

شاپا الکترونیکی: ۸۸۸۹-۳۱۱۵

Home Page: https://basicscience.cfu.ac.ir

بررسی عوامل وابستگی تکانه با استفاده از ابزار اینتراکتیو فیزیک در چارچوب روش آموزشی(IBSE)

حسین محتوی[1*]، محمّد قاسم‌نژند[2]

۱. گروه آموزش علوم تجربی، دانشگاه فرهنگیان، پردیس علامه امینی، تبریز، ایران

۲. گروه آموزش فیزیک،دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران،ایران

* نویسنده مسئول: (mohtavi2001@mail.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

کلیدواژه‌ها:
شبیه سازی،
تکانه،
جرم،
سرعت،
Interactive Physics،
IBSE

چکیده

این پژوهش با هدف سنجش میزان وابستگی کمیت تکانه خطی به دو متغیر بنیادی جرم و سرعت در محیط آموزشی مجازی، با بهره‌گیری از شبیه‌ساز قدرتمند Interactive Physics (نسخه ۹.۰) طراحی و اجرا گردید. رویکرد محوری آموزشی مورد استفاده، روش آموزش مبتنی بر کاوشگری علمی *(Inquiry-Based Science Education - IBSE)* بود که بر مبنای اصول سازنده‌گرایی، دانش‌آموز را از حالت دریافت منفعلانه خارج ساخته و او را درگیر فرایند فعال مشاهده، طرح پرسش، فرضیه‌سازی، آزمایش و استنتاج قوانین علمی می‌کند. در این چارچوب، یادگیرندگان به‌جای حفظ روابط، از طریق تعامل مستقیم با متغیرها و تحلیل نتایج، به درک عمیق‌تری از مفاهیم فیزیکی دست می‌یابند. جامعه‌ی آماری پژوهش شامل ۳۲ نفر از دانش‌آموزان پایه نهم متوسطه (صرفاً پسرانه) در سال تحصیلی ۱۴۰۵–۱۴۰۴ بود که در قالب یک طرح شبه‌آزمایشی پیش‌آزمون–پس‌آزمون با گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفتند. ابزار گردآوری داده‌ها شامل آزمون محقق‌ساخته سنجش درک مفهومی تکانه خطی و نیز چک‌لیست تحلیل کیفی فرایند یادگیری بود. مراحل اجرای پژوهش شامل تبیین دقیق مسئله پژوهش، تدوین فرضیه‌های مبتنی بر مبانی نظری مکانیک کلاسیک، طراحی سناریوهای شبیه‌سازی، دست‌کاری کنترل‌شده متغیرهای جرم و سرعت در محیط نرم‌افزار و در نهایت تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از شاخص‌های توصیفی و استنباطی بود.

یافته‌های پژوهش نشان داد که کمیت تکانه خطی ($P = mv$) رابطه‌ای مستقیم و کاملاً متناسب با هر دو متغیر جرم (m) و سرعت (v) دارد، به‌گونه‌ای که افزایش هر یک از این متغیرها به‌طور خطی موجب افزایش مقدار تکانه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی در محیط مجازی انطباق کامل با پیش‌بینی‌های نظری فیزیک کلاسیک داشت. افزون بر این، تحلیل کیفی داده‌ها نشان داد بهره‌گیری از شبیه‌سازی تعاملی، موجب تقویت درک مفهومی، کاهش خطاهای شهودی رایج و مشارکت فعال دانش‌آموزان در فرایند یادگیری شده است. این نتایج بر کارآمدی تلفیق فناوری‌های شبیه‌سازی با رویکرد کاوشگری در آموزش مفاهیم بنیادین فیزیک تأکید می‌کند.

استناد: محتوی، حسین؛ قاسم نژند،محمد؛ (۱۴۰۵). بررسی عوامل وابستگی تکانه با استفاده از ابزار اینتراکتیو فیزیک در چارچوب روش آموزشی(IBSE). پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۲ (۴۲)، ۱۱۵-۱۰۸.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.23339.1606

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

یکی از چالش‌های آموزش فیزیک در مدارس ایران، یادگیری مفاهیم انتزاعی مانند تکانه و نیرو است که در بسیاری از موارد بدون آزمایشگاه کافی یا بدون ابزار دیداری آموزش داده می‌شود. تکانه خطی به‌عنوان حاصل‌ضرب جرم جسم در سرعت آن، نقشی کلیدی در تحلیل برخوردها و مفاهیم پایستگی دارد (هالیدی[1] و همکاران،۲۰۲۲)

با این حال، روش‌های سنتی آموزش که صرفاً مبتنی بر ارائه فرمول و حل تمرین‌اند، موجب درک سطحی و ناپایدار مفاهیم می‌شوند (کاظمی،۱۴۰۰)

در پاسخ به این چالش، رویکرد *IBSE* یا «آموزش مبتنی بر کاوشگری علمی» توسعه یافته است. این روش که ریشه در دیدگاه یادگیری سازنده‌گرایی (برونر[2]۱۹۶۶، ویگوتسکی[3] ۱۹۷۸) دارد، یادگیرنده را در موقعیت «پرسش‌گری، فرضیه‌سازی، آزمایش و استنتاج» قرار می‌دهد. در این چارچوب، یادگیری زمانی عمیق‌تر می‌شود که فرد خود فرایند اکتشاف را طی کند نه آنکه نتیجه آماده را دریافت کند.

از سوی دیگر، استفاده از شبیه‌سازهای آموزشی همچون اینتراکتیو فیزیک ، که بر اساس نظریه «یادگیری تجربی» کلب[4] بنا شده‌اند، امکان تجربه‌ی مجازی پدیده‌های فیزیکی را فراهم می‌کنند. این ابزار به‌ویژه برای آزمایش‌هایی که اجرای واقعی آنها پرهزینه یا خطرناک است، جایگزین ارزشمندی محسوب می‌شود

۲. پیشینه پژوهش

با وجود پژوهش‌های متعددی در زمینه‌ی اثربخشی شبیه‌سازی در آموزش علوم در سطح جهانی (دی جونگ[5] و ون جولینگن[6] ۱۹۹۸)، در ایران هنوز مطالعات محدودی به ترکیب *IBSE* و ابزارهای شبیه‌سازی مکانیکی در آموزش فیزیک پرداخته‌اند. پژوهش حاضر تلاش دارد ضمن توجه به این خلأ، تأثیر استفاده از نرم‌افزار اینتراکتیو فیزیک را در درک مفهومی موضوع تکانه بررسی کند.

نوآوری پژوهش در استفاده از مدل طراحی‌شده بر اساس چرخه کاوشگری علمی[7] همراه با ابزار دیجیتال آموزشی و سنجش کمی وابستگی تکانه است.

۳. مباحث اصلی و نتایج

این پژوهش از نوع شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون با گروه کنترل است.

جامعه آماری: دانش‌آموزان پایه نهم متوسطه پسرانه دبیرستان شهدای غواص در سال تحصیلی ۱۴۰۵-۱۴۰۴

ابزار اجرای پژوهش: نرم‌افزار اینتراکتیو فیزیک، نسخه ۹.۰ از شرکت Design Simulation Technologies

ابزار سنجش: برگه‌های مشاهده و ثبت داده‌های شبیه‌سازی (شامل جرم، سرعت و تکانه لحظه‌ای)

چرخه‌ی اجرای آموزشی بر اساس IBSE:

مرحله مشاهده و مسئله‌سازی: دانش‌آموزان ویدئو یا شبیه‌سازی مقدماتی از برخورد اجسام را مشاهده کردند.

مرحله پرسش و فرضیه‌سازی: پرسش اصلی طرح شد: آیا تکانه جسم با جرم و سرعت رابطه مستقیم دارد؟

آزمایش مجازی: تغییر پارامترهای جرم و سرعت در محیط اینتراکتیو فیزیک و ثبت داده‌ها.

تحلیل داده‌ها: مقایسه تغییرات تکانه در دو وضعیت «جرم ثابت – سرعت متغیر» و «سرعت ثابت – جرم متغیر».

---

[1] Holliday
[2] Bruner
[3] Vygotsky
[4] Kolb
[5] De Jong
[6] Van Jolingen
[7] *IBSE*

نتیجه‌گیری گروهی و بازتاب: هر گروه یافته‌های خود را مقایسه و تفاوت فرضیات را تحلیل کرد.

به منظور اطمینان از دقت اطلاعات، هر آزمایش سه بار تکرار شد و میانگین نتایج برای تحلیل نهایی در نظر گرفته شد.

رویکرد IBSE یک چرخه یادگیری است که دانش‌آموزان را ملزم می‌کند تا از طریق مشاهده، پرسشگری و آزمایش، دانش خود را بسازند. در این پژوهش، مراحل این رویکرد به طور دقیق برای بررسی مفهوم تکانه پیاده‌سازی شده‌اند.

آیا تکانه خطی یک جسم (P) به طور مستقیم با جرم (m) و سرعت (v) آن متناسب است؟ به عبارت دیگر، اگر جرم را ثابت نگه داریم، با سه برابر شدن سرعت، آیا تکانه نیز سه برابر می‌شود؟ و بالعکس، اگر سرعت ثابت باشد، با سه برابر شدن جرم، آیا تکانه هم سه برابر خواهد شد؟

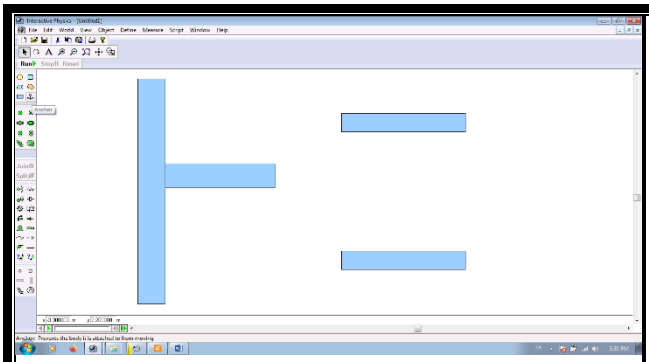
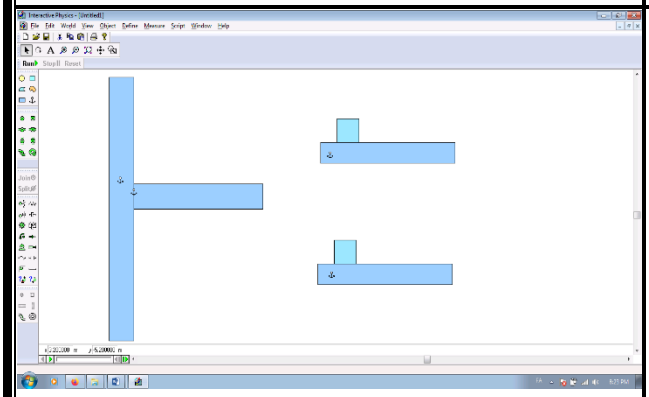
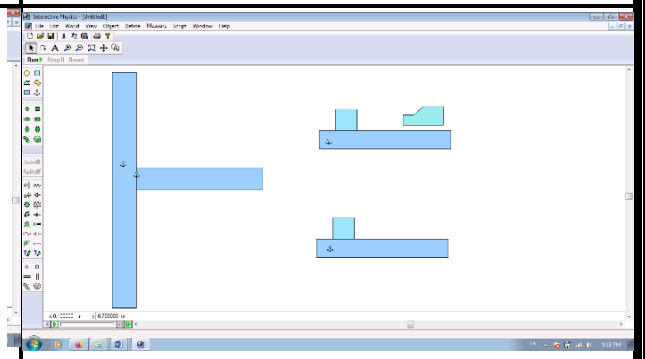
فرضیه‌های تدوین شده:

وابستگی به جرم :در صورت ثابت نگه داشتن سرعت، تکانه خطی (P) با جرم (m) متناسب است.

وابستگی به سرعت :در صورت ثابت نگه داشتن جرم، تکانه خطی (P) با سرعت (v) متناسب است.

اینتراکتیو فیزیک به عنوان محیط آزمایشگاهی مجازی انتخاب می‌شود. برای اجرای دقیق مراحل، یک شبیه‌سازی ساده شامل یک جسم در حال حرکت روی یک سطح افقی تنظیم می شده و در این ابزار، می‌توان جرم اشیاء متحرک را دقیقاً تنظیم کرد و سرعت لحظه‌ای و تکانه محاسبه شده را مشاهده نمود.

جدول۱. مراحل ساخت شبیه سازی تکانه در اینتراکتیو فیزیک.

۱) بازکردن برنامه اینتراکتیو فیزیک	۲) کشیدن چارچوپ با استفاده از گزینه مستطیل(Rectangle) 
۳) ثابت کردن چارچوپ ها با استفاده از گزینه لنگر(Anchor)	۴) قراردادن جعبه با گزینه مربع(Square) 
۵) کشیدن خودرو با گزینه چندضلعی(Polygon) 	۶) قراردادن چرخ های خودرو باگزینه دایره(Circle)

جدول۲. ادامه مراحل ساخت شبیه سازی تکانه در اینتراکتیو فیزیک.

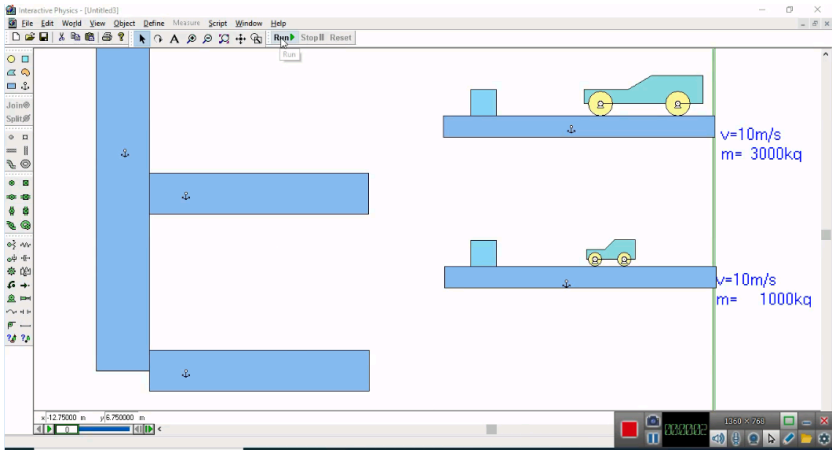
۷) انتخاب موتور در منو و قراردادن موتور داخل چرخ ها	۸) ترسیم خودروی دوم با همان روش
۹) راست کلیک بر روی خودرو انتخاب گزینه(properties)	۱۰) مشخص کردن جرم خودرو

بررسی وابستگی (P به m) درشرایط سرعت ثابت

تنظیم اولیه: جرم جسم روی یک مقدار ثابت مثلاً (m=1000kg) تنظیم می‌شود.

تغییر سرعت: جسم با سرعت‌های مختلفی به حرکت در می‌آید و تکانه لحظه‌ای در هر حالت ثبت می‌شود.

شکل (۱) مربوط به مرحله قبل از برخورد دو جسم با سرعت یکسان و جرم متفاوت ،تکانه جسم (۱) با جرم(kg) ۱۰۰۰و اندازه سرعت (m/s) ۱۰برابر با (kg.m/s) ۱۰۰۰۰ می‌باشد. تکانه جسم (۲)با جرم(kg) ۳۰۰۰و اندازه سرعت (m/s) ۱۰برابر با(kg.m/s) ۳۰۰۰۰ می باشد.



بررسی وابستگی (P به V)در شرایط جرم ثابت

تنظیم اولیه :جرم جسم روی یک مقدار ثابت مثلاً (m=1000kg) تنظیم می‌شود.

تغییر سرعت :جسم با سرعت‌های مختلفی به حرکت در می‌آید و تکانه لحظه‌ای در هر حالت ثبت می‌شود.

تکانه جسم (۱)با جرم(kg) ۱۰۰۰واندازه سرعت (m/s) ۱۰برابر با(kg.m/s) ۱۰۰۰۰می باشد.

تکانه جسم (۲)با جرم(kg) ۱۰۰۰واندازه سرعت (m/s) ۳۰برابر با(kg.m/s) ۳۰۰۰۰می باشد.

در آزمایش الف (ثابت بودن سرعت)، با افزایش جرم از ۱۰۰۰ kg به ۳۰۰۰ kg، تکانه سه برابر شد. این نشان می‌دهد که (P) مستقیماً متناسب با (m) است. در آزمایش ب (ثابت بودن جرم)، با افزایش سرعت از ۱۰ به ۳۰، تکانه سه برابرشد.
هر دو فرضیه تدوین شده توسط داده‌های شبیه‌سازی تأیید شدند. رابطه به دست آمده از هر دو سری آزمایش با فرمول تئوری تکانه کاملاً مطابقت دارد و نشان‌دهنده تناسب خطی (با شیب ثابت) است.در این آزمایش به طور عمدی از جعبه ای استفاده شده است تا دانش آموز با برخورد جسم متحرک با آن درک بهتری از نوشتن قانون دوم نیوتن بر حسب تکانه داشته باشد.

$$(1)\vec{F}net = d\frac{\vec{P}}{dt}$$

$$(2)\vec{P} = m.\vec{v}$$

$$\text{if } m = ace \quad \vec{F}net = m.d\frac{\vec{v}}{dt} = m.\vec{a} \quad (۳)$$

شبیه‌سازی اینتراکتیو فیزیک این مفهوم انتزاعی را به صورت بصری و قابل اندازه‌گیری برای دانش‌آموزان ملموس ساخت.

تحلیل داده‌های شبیه‌سازی کاملاً با مدل نظری سازگار است. مقایسه این یافته‌ها با پژوهش‌های مشابه (دی جونگ و ون جولینگن ،۱۹۹۸) و (کاظمی۱۴۰۰) نشان می‌دهد که یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی نه‌تنها موجب افزایش دقت مفهومی می‌شود، بلکه تعامل یادگیرنده با محیط دیجیتال باعث افزایش انگیزش درونی و پایداری یادگیری نیز می‌گردد.

در چارچوب نظری IBSE این نتایج تأیید می‌کند که کاوشگری علمی همراه با بازخورد دیداری نرم‌افزار، موجب انتقال مفاهیم از سطح حفظی به سطح تحلیلی می‌شود و فناوری‌های نوین آموزشی، به‌ویژه شبیه‌سازهای تعاملی، می‌توانند یادگیری فیزیک را از حالت نظری به حالت عملی و تجربی تبدیل کنند.

۴. منابع

کاظمی، علیرضا،۱۴۰۰،راهکارهایی برای تقویت درک مفهومی دانش آموزان در درس فیزیک،پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در روانشناسی،علوم اجتماعی،علوم تربیتی و آموزشی

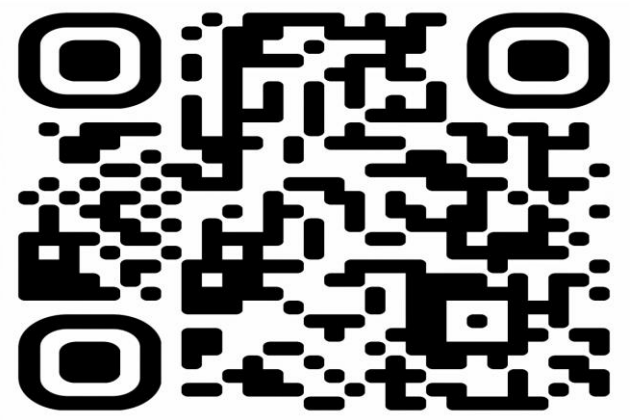
وزارت آموزش و پرورش (۱۴۰۱)،کتاب درسی فیزیک (۳) – پایه دوازدهم رشته ریاضی فیزیک. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

هالیدی، دیوید؛ رزنیک، رابرت؛ واکر، جریل. (۲۰۲۲). فیزیک پایه (جلد اول: مکانیک). ترجمه‌ی محمود بهار. تهران: انتشارات مبتکران

De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall
Interactive Physics User Manual, Version 9.0, Design Simulation Technologies, Inc

فیلم شبیه سازی تکانه در اینتراکتیو فیزیک



Research in Empirical Science Education, Vol. 12, No. 42, PP. 108-115.

Special Issue of the 6th National Conference on Physics Education

Research in Empirical Science Education

Online ISSN: 3115-8889

Home Page: https://basicscience.cfu.ac.ir

Farhangian University

Investigating momentum dependence factors using interactive physics tools within the framework of educational methods (IBSE)

Hossein Mohtavi[1]*, Mohammad Qasem Najand[2]

1. Department of Experimental Science Education, Farhangian University, Allameh Amini Campus, Tabriz, Iran.
2. Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 889-14665, Tehran, Iran.

* Corresponding author: (*mohtavi2001@mail.ir*)

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received:
2026/06/17
Received in revised form:
2026/06/20
Accepted:
2026/06/20
Available online:
2026/06/20

Keywords:
Simulation,
Momentum,
Mass,
Velocity,
Interactive Physics,
IBSE.

ABSTRACT

This study was designed and implemented with the aim of measuring the dependence of the quantity of linear momentum on two fundamental variables of mass and velocity in a virtual educational environment, using the powerful Interactive Physics simulator (version 9.0). The central educational approach used was the Inquiry-Based Science Education (IBSE) method, which, based on the principles of constructivism, takes the student out of the passive receiving mode and engages him in the active process of observing, asking questions, hypothesizing, experimenting, and deducing scientific laws. In this framework, instead of maintaining relationships, learners achieve a deeper understanding of physical concepts through direct interaction with variables and analyzing results. The statistical population of the study consisted of 32 ninth-grade high school students (only boys) in the academic year 1404-1405, who were studied in a quasi-experimental pre-test-post-test design with a control group. The data collection tool included a researcher-made test to measure the conceptual understanding of linear momentum and a checklist for qualitative analysis of the learning process. The stages of the research included a detailed explanation of the research problem, the formulation of hypotheses based on the theoretical foundations of classical mechanics, the design of simulation scenarios, the controlled manipulation of mass and velocity variables in the software environment, and finally the statistical analysis of the data using descriptive and inferential indicators. The research findings showed that the quantity of linear momentum (P = mv) has a direct and completely proportional relationship with both variables mass (m) and velocity (v), such that an increase in either of these variables linearly increases the amount of momentum. The simulation results in the virtual environment were in full agreement with the theoretical predictions of classical physics. In addition, qualitative data analysis showed that the use of interactive simulation has enhanced conceptual understanding, reduced common intuitive errors, and actively engaged students in the learning process. These results emphasize the effectiveness of combining simulation technologies with an exploratory approach in teaching fundamental concepts of physics.

Cite this article Mohtavi, Hossein., Qasem Najand, Mohammad. (2026). Investigating the factors of momentum dependence using interactive physics tools within the framework of educational methods (IBSE). Research in Empirical Science Education, 12 (42), 108-115.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.23339.1606

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: Farhangian University.