

Metodička obrada zakona očuvanja količine gibanja putem video analize i njena primjena u nastavi fizike

Maglica, Frane

Master's thesis / Diplomski rad (sveučilišni)

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:166:405390>

Rights / Prava: [Zaštićeno autorskim pravom.](#) / [In copyright.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2026-09-02**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Faculty of Science in Split / Digitalni repozitorij Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu](#)



Dabar

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet

**Metodička obrada zakona očuvanja količine
gibanja putem video analize i njena primjena u
nastavi fizike**

Diplomski rad / Master thesis

Frane Maglica

Split, rujan 2023.

Zahvaljujem se mentoru Damiru Kovačiću za pomoć pri pisanju rada. Zahvaljujem se svojoj obitelji, prijateljima i kolegama na podršci tokom ovih 5 godina studiranja.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Odjel za fiziku
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

Diplomski rad

Metodička obrada zakona očuvanja količine gibanja putem video analize i njena primjena u nastavi fizike

Frane Maglica

Sveučilišni diplomski studij Matematika i fizika, nastavnički smjer

Sažetak:

Jedan od najtežih i najzahtjevnijih zadataka nastavnika u školi je motivirati svoje učenike. Kako uspješno obraditi nastavno gradivo i prenijeti znanje na zanimljiv i kreativan način? U ovom diplomskom radu pobliže ćemo promotriti nastavno gradivo koje obuhvaća video analizu snimljenog obrazovnog pokusa na teme zakona očuvanja količine gibanja. Pretpostavka je da će slikoviti prikaz video analize, metodički obrađenog za lakše usvajanje, omogućiti dublje shvaćanje jednog od glavnih principa fizike. Prvi dio rada sadrži pregled znanstvenih članaka koji govore o doprinosu korištenja video analize pri obradi nastavnog gradiva te sveukupnom poboljšanju nastave fizike. Upoznat ćemo se korištenjem računalnog programa *Tracker* te ćemo pomoću video analize obraditi snimke sudara koje možemo pokazati učenicima na nastavi. Dat ćemo nekoliko prijedloga kako održati nastavni sat fizike na temu zakona sačuvanja količine gibanja u obliku pisane pripreme. Na kraju ćemo prodiskutirati sve prednosti i moguće mane održavanja ovakvog oblika nastave u školama te sveukupni zaključak.

Ključne riječi: zakon očuvanja količine gibanja; video analiza; *Tracker*; nastava

Rad sadrži: 44 stranica, 20 slika, 9 tablica, 12 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Damir Kovačić

Ocjenjivači: izv. prof. dr. sc. Damir Kovačić
izv. prof. dr. sc. Željana Bonačić Lošić
prof. dr. sc. Ante Bilušić

Rad prihvaćen: 23. rujna 2023.

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu.

Basic documentation card

University of Split
Faculty of Science
Department of Physics
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

Master thesis

Methodical approach of the law of conservation of momentum through video analysis and its application in physics classes

Frane Maglica

University graduate study programme Mathematics and Physics, orientation Education

Abstract:

One of the most difficult and demanding tasks of teachers in schools is to motivate their students. How to successfully process teaching material and transfer knowledge in an interesting and creative way? In this thesis, we will take a closer look at the teaching material, which includes a video analysis of a recorded educational experiment on the topics of the law of conservation of momentum. The assumption is that the graphic presentation of video analysis, methodically processed for easier adoption, will enable a deeper understanding of one of the main principles of physics. The first part of the thesis contains an overview of scientific articles that talk about the contribution of using video analysis in the processing of teaching materials and the overall improvement of physics teaching. We will learn how to use the Tracker computer program and we will use video analysis to process collision recordings that we can show to students in class. We will give several suggestions on how to hold a physics lesson on the topic of the law of momentum conservation in the form of a written preparation. At the end, we will discuss all the advantages and possible disadvantages of maintaining this form of teaching in schools and the overall conclusion.

Keywords: law of conservation of momentum; video analysis; *Tracker*; class

Thesis consists of: 44 pages, 20 figures, 9 tables, 12 references. Original language: Croatian.

Supervisor: Asoc. Prof. Damir Kovačić

Reviewers: Asoc. Prof. Damir Kovačić
Asoc. Prof. Željana Bonačić Lošić
Prof. Dr. Ante Bilušić

Thesis accepted: September 23, 2023.

Thesis is deposited in the library of the Faculty of Science, University of Split.

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Teorija.....	3
2.1	Količina gibanja.....	3
2.2	Impuls sile.....	4
2.3	Zakon očuvanja količine gibanja	5
3	Pregled postojećih metodičkih obrada fizikalnih koncepata putem video analize snimljenih nastavnih eksperimenata.....	6
4	Video analiza snimljenih nastavnih eksperimenata pomoću programa <i>Tracker</i>..	11
4.1	Upute za korištenje <i>Tracker</i> -a	11
4.2	Obrada snimljenih pokusa	15
5	Metodička obrada nastavnog gradiva.....	21
6	Diskusija.....	23
7	Zaključak.....	24
8	Literatura.....	25
9	Prilog: Pisane pripreme za nastavni sat fizike	26

1 Uvod

Dobro je poznata činjenica da većina učenika, ne samo u Republici Hrvatskoj, već i u cijelom svijetu, nisu veliki ljubitelji predmeta kao što su matematika i fizika [1]. Predmeti prirodnih znanosti u srednjim školama, a i u osnovnim školama, su oduvijek sa sobom nosili konotaciju teškog i zahtjevnog predmeta kod većine učenika. Aktualnim pokazateljima „neznanja“ mogu svjedočiti i rezultati državne mature na ljetnom roku 2023. godine, gdje 46,4% učenika nije ostvarilo prolaznu ocjenu [2]. Koji je razlog ovih poražavajućih podataka? Krije li se problem u samim učenicima, odnosno njihovom unutarnjem emocionalnom stanju prema fizici i predrasudama o predmetu fizike kao nakupini kompliciranih i apstraktnih pojmova koji im nikada neće služiti u životu? Postoji li pak problem u nastavnicima i njihovom načinu predavanja nastavnog gradiva i metode prenošenja znanja? Treba li možda mijenjati sveukupni nastavni kurikulum ili sami obrazovni sustav? Odgovoriti na sva ova pitanja je zahtjevno i taj problem nećemo potpunosti promotriti, ali obratit ćemo pozornost na ulogu nastavnika u odgojno-obrazovnom procesu.

Možemo reći da su nastavnici, uz samog učenika, najvažnije osobe u cijelom odgojno-obrazovnom procesu. Oni predstavljaju autoritet u razredu, prenositelje znanja i odgajatelje. Nastavnik je osoba koja bi trebala biti primjer đacima i studentima. I dan danas, velika većina ljudi se sjeća svojih profesora iz školskih dana. Naravno neka od tih sjećanja su loša, ali usredotočimo se na ona dobra sjećanja o profesorima. Koja je tajna uspjeha dobrih profesora? Mislim da odgovor na to pitanje leži u načinu profesorovog pristupa samoj nastavi, njegovom entuzijazmu i sposobnosti da motivira ostatak razreda. „Kako motivirati učenike na pravi način?“- pitanje je svakog nastavnika.

U današnje vrijeme Internet je postao dio svakodnevnice bez koje život postaje nezamisliv. Ogroman broj podataka i činjenica nalaze nam se na dlanu. Razvoj tehnologije doprinio je i poboljšanju nastavi. Već generacijama se na nastavi koriste prezentacije pomoću projektoru ili pametnih ploča, prikazuju se razne simulacije i video uradci kako bi se nastavno gradivo što bolje vizualiziralo i time objasnilo učenicima. Korištenjem vizualnih pomagala i zornim prikazom danog problema možemo u učenicima postići zainteresiranost i potaknuti razmišljanje.

U ovome diplomskom radu dotaknut ćemo se metoda i strategija predavanja i prezentiranja nastavnog gradiva fizike, točnije dati ćemo potpunu metodičku obradu gradiva impulsa sile, količine gibanja i zakona očuvanja količine gibanja za 1. razred srednje škole. Kao pomoć pri obradi gradiva koristit ćemo se besplatnim računalnim programom otvorenog koda (*open source*) zvanim *Tracker* [3]. Pomoću *Tracker*-a možemo obraditi videosnimku pokusa kojeg izvodimo u razredu i time doći do željenih rezultata. Naša je pretpostavka da se korištenjem video analize povećava stupanj razumijevanja i zainteresiranosti učenika. Tu pretpostavku

potvrđuju tri istraživanja na temu primjene video analize u nastavi [6,7,8] čije metode i rezultate ćemo prikazati u ovom radu.

2 Teorija

Prije nego što se upoznamo s računalnim programom *Tracker* i prikazemo obradu gradiva, svaki nastavnik će usvojiti razumijevanje materije koju predaje. Stoga u ovom dijelu rada ćemo navesti teorijski okvir kojeg bi profesor fizike trebao znati o gradivu impulsa sile i količine gibanja.

2.1 Količina gibanja

Količina gibanja nekog tijela definirana je kao umnožak mase m toga tijela i njegove brzine $\vec{v}$:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}. \quad (2.1)$$

Količina gibanja je vektorska fizička veličina koja ima jednaku orijentaciju i smjer kao i vektor brzine $\vec{v}$. Mjerna jedinica za količinu gibanja je $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Uvrštavajući izraz (2.1) u dobro poznati II. Newtonov zakon [4]:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}, \quad (2.2)$$

te koristeći se definicijom akceleracije:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad (2.3)$$

dobivamo alternativni oblik II. Newtonovog zakona kakvoga je i sam Newton formulirao:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (2.4)$$

gdje smo uvažili da je promjena količine gibanja $d\vec{p}$ jednaka:

$$d\vec{p} = m \cdot d\vec{v}. \quad (2.5)$$

Drugim riječima, jednadžba (2.4) nam govori kako djelovanjem vanjske sile u nekom vremenskom intervalu mijenjamo količinu gibanja tijela [4]. Ako nema vanjske sile nema ni promjene količine gibanja.

Ako imamo sustav on više čestica u kojoj svaka čestica ima različitu masu i brzinu, tada definiramo ukupnu količinu gibanja $\vec{P}$ tog sustava kao zbroj pojedinačnih količina gibanja svake čestice:

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \vec{v}_i, \quad (2.6)$$

gdje je N ukupan broj čestica, a m_i i $\vec{v}_i$ su masa i brzina i -te čestice [4].

2.2 Impuls sile

Količina gibanja nekog tijela promijenit će se tek kada na njega djeluje vanjska sila. Zamislimo, primjerice, lopticu mase m koja se giba konstantnom brzinom v i u jednom trenutku lopticu udarimo palicom i naglo joj promijenimo iznos količine gibanja tijela [4]. Silu kojom djelujemo na lopticu možemo prikazati kao funkciju vremena $\vec{F}(t)$. Koristeći se izrazom (2.4), promjenu količine gibanja možemo zapisati na sljedeći način:

$$d\vec{p} = \vec{F}(t)dt. \quad (2.7)$$

Integriranjem gornjeg izraza od početnog trenutka udarca t_i do konačnog trenutka udarca t_f dobivamo:

$$\int_{t_i}^{t_f} d\vec{p} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)dt. \quad (2.8)$$

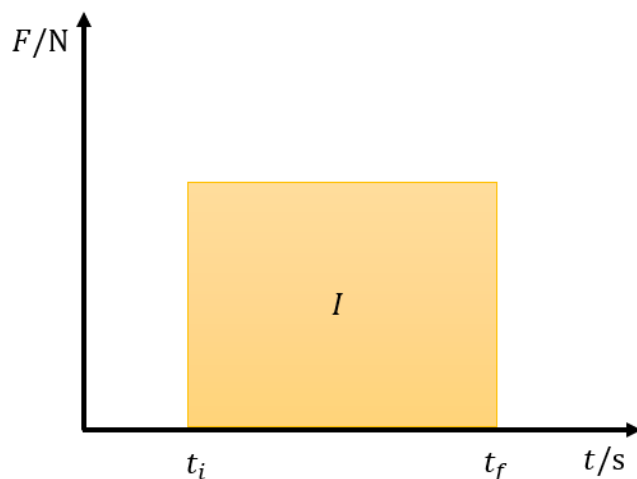
Izraz s lijeve strane možemo zapisati kao razliku konačne količine gibanja i početne količine gibanja $\Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$. Izraz s desne strane jednadžbe definiramo kao impuls sile i označavamo ga s $\vec{I}$:

$$\vec{I} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)dt. \quad (2.9)$$

Ako hoćemo pisati bez integrala:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t. \quad (2.10)$$

Mjerna jedinica za impuls sile je tada njutnsekunda $N \cdot s$. Ako $[N]$ zapišemo kao $[N = kg \cdot \frac{m}{s^2}]$, dobivamo da je mjerna jedinica za impuls zapravo $kg \cdot \frac{m}{s}$, što je ujedno i mjerna jedinica količine gibanja. Izraz (2.8) možemo interpretirati kao zakon impulsa sile i promjene količine gibanja; promjena količine gibanja je jednaka impulsu sile koji djeluje na tijelo. Ako hoćemo prikazati impuls sile grafički, možemo to napraviti u $F - t$ grafu. Površina ispod grafa prikazuje iznos impulsa sile [4].



Slika 1. F - t graf.

2.3 Zakon očuvanja količine gibanja

Izraz (2.8) možemo zapisati i na sljedeći način:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t. \quad (2.11)$$

Ako je rezultanta sila $\vec{F} = 0$, tada je i promjena količine gibanja jednaka nula $\Delta \vec{p} = 0$, odnosno vrijedi $m \cdot \vec{v} = \text{const.}$ Poopćimo taj zaključak za sustav dvaju tijela na koja ne djeluju vanjske sile [5]. Napomenimo da sustav koji ne izmjenjuje energiju ni materiju s okolinom nazivamo izoliranim sustavom. Kada bi se ta dva tijela sudarila, njihovu interakciju bismo mogli opisati s III. Newtonovim zakonom:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (2.12)$$

Kada pomnožimo obje strane s vremenskim intervalom trajanja sudara Δt dobivamo impulse sile:

$$\vec{F}_1 \cdot \Delta t = -\vec{F}_2 \cdot \Delta t. \quad (2.13)$$

Koristeći izraz (2.13) i relaciju (2.11) dobivamo:

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2. \quad (2.14)$$

Ako su mase konstantne, vrijedi:

$$\Delta \vec{p} = \Delta(m \cdot \vec{v}) = m \cdot \Delta \vec{v}. \quad (2.15)$$

Tada je:

$$m_1 \cdot \Delta \vec{v}_1 = -m_2 \cdot \Delta \vec{v}_2, \quad (2.16)$$

gdje su m_1 i m_2 mase prvog tijela i drugog tijela, redom [5]. Ako zapišemo promjene brzina kao:

$$\Delta \vec{v}_1 = \vec{v}'_1 - \vec{v}_1 \quad i \quad \Delta \vec{v}_2 = \vec{v}'_2 - \vec{v}_2, \quad (2.17)$$

gdje su $\vec{v}_1$ i $\vec{v}_2$ brzine prvog tijela i drugog tijela prije sudara, redom, a $\vec{v}'_1$ i $\vec{v}'_2$ brzine prvog tijela i drugog tijela nakon sudara, redom, dobivamo konačni oblik zakona očuvanja količine gibanja izoliranog sustava dvaju tijela:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2. \quad (2.18)$$

Zakon možemo protumačiti na sljedeći način: ukupna količina gibanja izoliranog sustava prije sudara jednaka je ukupnoj količini gibanja poslije sudara [5].

Kada promatramo sudare, važno je napomenuti da razlikujemo dva tipa sudara: elastični i neelastični sudar. Sudare u kojima je ukupna kinetička energija sačuvana nazivamo elastičnim sudarima. Ako pak kinetička energija nije sačuvana, te sudare nazivamo neelastičnim [5].

3 Pregled postojećih metodičkih obrada fizikalnih koncepata putem video analize snimljenih nastavnih eksperimenata

U ovom dijelu rada promotrit ćemo tri primjera provedenih istraživanja koja su ispitivala beneficije korištenje *Tracker*-a na nastavi. Za svaki od radova navest ćemo podatke kao što su: gdje i kada je istraživanje provedeno, koja je svrha istraživanja, koje su metode korištene prilikom istraživanja, što su rezultati istraživanja i koji je sveukupni zaključak samog istraživanja.

Primjer 1.

Using Tracker to understand ‘toss up’ and free fall motion: a case study [6]

Istraživanje je provedeno u tipičnoj singapurskoj srednjoj školi (u radu se ne navodi točno ime srednje škole u kojoj se provelo istraživanje, ali profesori koji su sudjelovali u istraživanju dolaze iz srednje škole *Evergreen Secondary School* i *Raffles Girls School*, pa je vjerojatno istraživanje provedeno u nekoj od tih škola). Cilj istraživanja je bio utvrditi da li korištenje aplikacije *Tracker* prilikom obrade nastavnog gradiva slobodnog pada i vertikalnog hitca pomaže procesu učenja i boljem razumijevanju osnovnih fizikalnih pojmova. Šest profesora je bilo upoznato s korištenjem *Tracker*-a na stručnoj edukaciji tri mjeseca prije provedbe predavanja. Profesori su bili tada bili formirani u tri para. Svaki par je dobio razred od otprilike 40 učenika. Dob učenika je bila 15 godina, što bi u hrvatskom školstvu odgovaralo dobi učenika prvog razreda srednje škole.

Profesori	Razred	Broj učenika
TKK i GCW	3C	41
RT i NSH	3I	38
ACS i SWL	3R	39
Ukupno	3	123

Tablica 1. Parovi profesora i pridijeljeni razredi s odgovarajućim brojem učenika. (Imena nastavnika se napisana kraticama i u originalnome radu.)

Učenici su prije istraživanja s nastavnicima obrađivali gradivo kinematike. Proučavali su vrste gibanja, slobodni pad i hitce. Nakon tradicionalnog oblika nastave, tri skupine profesora i učenika su u vremenskom periodu od tri tjedna odradili dva predavanja od 75 minuta u računalnim učionicama. Na računalima je bio instaliran program *Tracker* i učenici su uz pomoć profesora naučili kako se koristiti programom. Nakon toga, učenici su imali zadatak obraditi već zadanu videosnimku vertikalnog hitca loptice. Ovim laboratorijskim vježbama na računalima učenici su stekli dodatno iskustvo te su iskusili fiziku vertikalnog hitca iz prve ruke. Prije laboratorijske nastave s *Tracker*-om, učenici su riješili online konceptualni test koji se

sastojao od osam pitanja višestrukog odabira. Na svako pitanje je bilo ponuđeno četiri odgovora od kojih je samo jedno točno. Učenici su identični online test riješili nakon odrađenih predavanja s analizom u *Tracker*-u tri tjedna nakon prvog testa. Sljedeća tablica prikazuje rezultate online testa prije i poslije provedbe laboratorijske nastave.

Rezultati testa prije provođenja laboratorijske nastave								
Broj pitanja	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
a)	18	34	39	46	79	4	27	15
b)	55	29	24	31	17	13	27	18
c)	25	34	30	11	2	24	40	26
d)	2	3	8	12	2	58	6	41
Rezultati testa poslije provođenja laboratorijske nastave								
Broj pitanja	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
a)	11	22	57	51	42	7	23	19
b)	71	20	14	22	50	14	28	34
c)	17	56	26	21	6	54	44	16
d)	1	2	3	6	2	25	4	31

Tablica 2. Postotak danih odgovora na svako od osam pitanja. Točni odgovori su otisnuti masnim slovima. Primjer - točan odgovor na pitanje broj 1. je odgovor b.

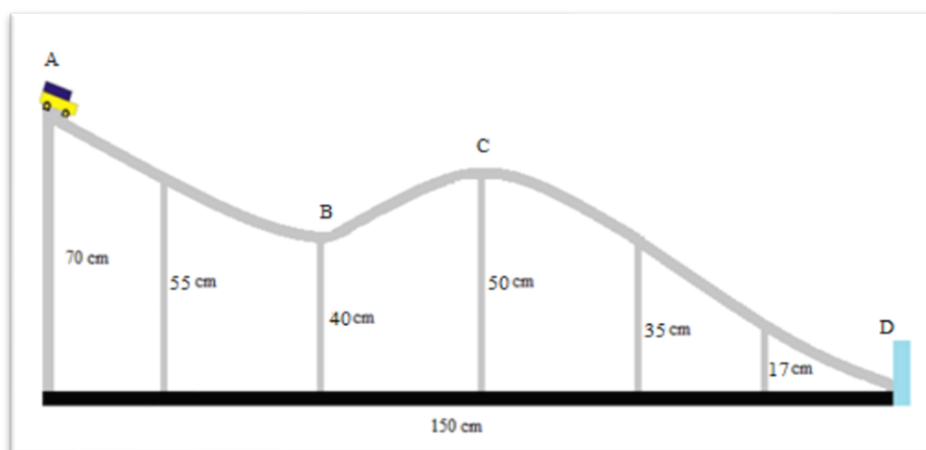
Pitanja broj 1 do 3 su se odnosila na prepoznavanja grafova ovisnosti puta, brzine i akceleracije o vremenu, redom. Pitanje 4 se odnosilo na prepoznavanju iznosa brzine i akceleracije loptice u najvišoj točki putanje. Pitanja 5 i 6 su odnosila na grafički prikaz vertikalnog hitca uvis i slobodnog pada. Pitanja broj 7 i 8 su se odnosila na grafički prikaz brzine slobodnog pada na Zemlji i na nekoj drugoj planeti (različita konstanta g). Iz Tablice 2. možemo očitati kako se broj točnih odgovora na pitanja od 1 do 7 povećao dok je jedini izuzetak pitanje broj 8. Usporedbom rezultata testa prije i poslije autori su došli do sljedećih zaključaka. Računanjem takozvane Cohenove veličine efekta d (eng. *Cohen's d effect size*), dobiva se vrijednost od $d = (0,79 \pm 0,23)$. Tipična vrijednost koja ukazuje na veliki dobitak je $d = 0,8$. Nadalje, korištenjem Hakeove normalizirane regresijske analize za dobitak $\langle g \rangle$ (eng. *Hake's normalized gain regression analysis*), dobiva se vrijednost od $\langle g \rangle = (0,42 \pm 0,08)$ što ukazuje na osrednje dobitke. Konačna mišljenja učenika i profesora su pretežito pozitivna. Učenici su predložili da bi priručnik za korištenje *Tracker*-a trebao biti bolje napisan i objašnjen od strane profesora te da su upute ponekad bile nerazumne. Profesori su taj prijedlog uvažili i odlučili napraviti video upute i staviti ih na platformu YouTube. Također su predložili da bi im bilo draže da su sami

snimali pokuse. Profesori su predložili daljnje korištenje *Tracker*-a na nastavi prilikom obrade gradiva kinematike, dinamike, rada i energije.

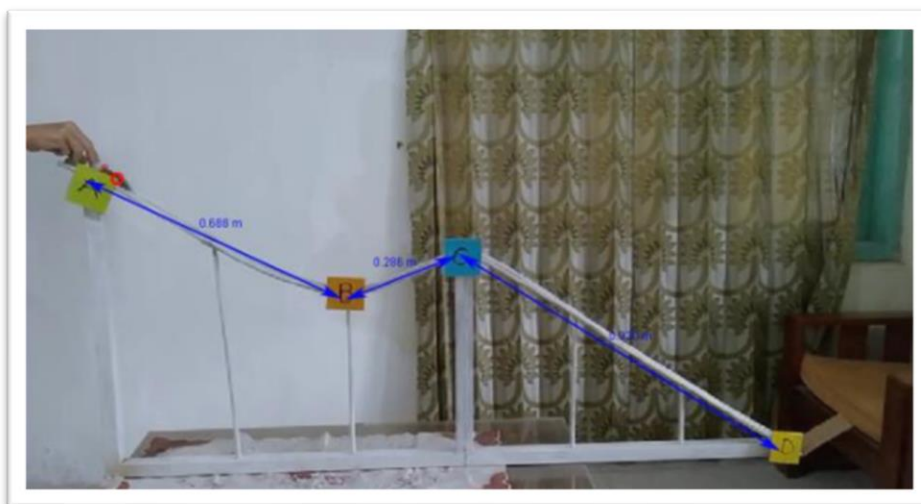
Primjer 2.

Experiments of the law of conservation of mechanical energy using video tracker in high school learning [7]

Istraživanje je provedeno u jednoj srednjoj školi (ne navodi se točan naziv škole u radu) na području regije Zapadni Bandung (eng. *West Bandung Regency*), Bali, Indonezija. Cilj istraživanja je ispitati utjecaj korištenja *Tracker*-a u nastavi fizike prilikom obrade gradiva zakona očuvanja mehaničke energije. Autori su dizajnirali minijaturnu verziju „roller coaster-a“ te su zajedno s učenicima snimili gibanje autića po „vlakcu smrti“. Video su zatim prenijeli u *Tracker* te su tako očitali brzinu autića na različitim mjestima. Kombinirajući podatke o brzini s podacima o masi autića i visini staze, učenici su sada mogli izračunati mehaničku energiju u različitim položajima na stazi.



Slika 2. Skica pokusa provedenog u radu



Slika 3. Minijaturni vlak smrti (eng. roller coaster) kojim su se autori koristili u istraživanju

Nakon eksperimenta, učenicima je dan radni listić kojega su trebali ispuniti i odgovoriti na pitanja. Sudjelovalo je 26 učenika, uzrasta 15-16 godina. U tablici na sljedećoj strani nalaze se rezultati testa. Pitanja su bila sastavljena na način da učenici objasne i opišu ovisnost kinetičke energije, gravitacijske potencijalne energije i ukupne mehaničke energije tijela u ovisnosti o položaju na „roller coaster-u“.

Broj zadatka:	Broj učenika koji je točno odgovorio	Broj učenika koji je netočno odgovorio
1.	26	0
2.	26	0
3.	11	15
4.	5	21
5.	12	14
6.	26	0
7.	7	19
8.	26	0
9.	5	21
10.	24	2

Tablica 3. Rezultati testa provedenog istraživanja.

Vidimo kako rezultati jako osciliraju, ovisno o samome pitanju. Naime u radu se spominje da se pitanja s velikim brojem netočnih odgovora odnosi na shvaćanje prethodno naučeno gradivo

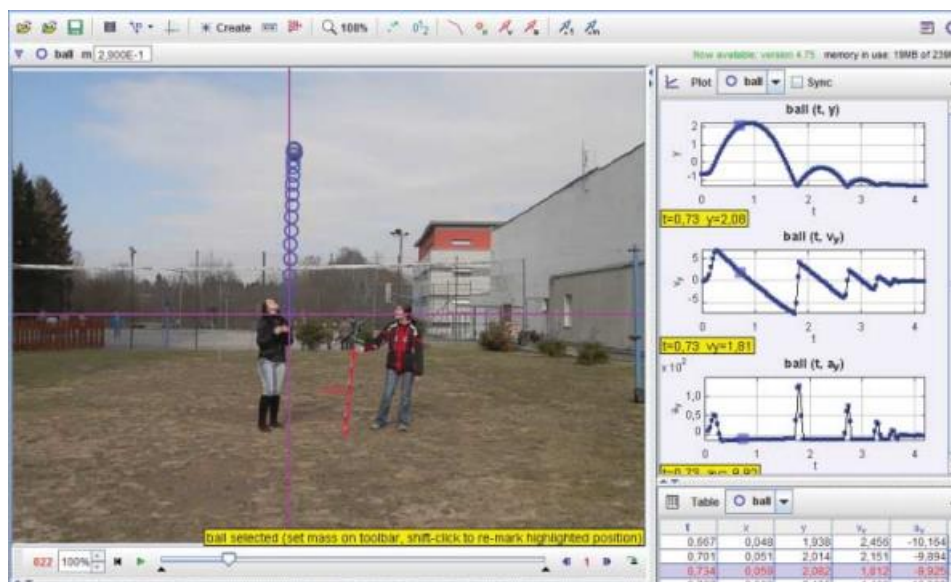
koje nije bilo zastupljeno u vježbi. Autori su zaključili kako je korištenje video analize *Tracker*-om korisno u raznim područjima fizike, ali potrebna su daljnja poboljšanja metode.

Sveukupne rezultate navedene u provedenim istraživanjima možemo interpretirati kao pozitivne. Evidentno se primjećuju poboljšani rezultati testova učenika, koji su se prilikom nastavnog procesa koristila *Tracker*-om. Daljnjom implementacijom *Tracker*-a u nastavi i poboljšanjem uputa korištenja, nastavnih materijala i pokusa mogući su veliki napreci u shvaćanju fizikalnih koncepata. U nastavku slijedi kratki opis korištenja programa *Tracker* te obrada videozapisa pokusa raznih slučajeva sudara i njihova analiza.

Primjer 3.

Development of students' conceptual thinking by means of video analysis and interactive simulations at technical universities [8]

Posljednje istraživanje koje ćemo spomenuti provedeno je 2014. godine u Slovačkoj. U istraživanju su sudjelovali studenti iz dva sveučilišta, *University of Žilina* i *Technical University in Zvolen*. Studenti su bili u dobi od 19 do 20 godina, što odgovara prosječnoj dobi studenta na prvoj godini studija u Hrvatskoj. Učenici su bili podijeljeni u dvije skupine: kontrolna grupa i grupa studenata koja se na predavanjima koristila interaktivnim sadržajem među kojima je najizraženiji *Tracker*. Istraživanje je trajalo jedan cijeli semestar te su na kraju svi studenti riješili identični test od 25 pitanja koji se sastojao od različitih fizičkih koncepata koji su se obradili za vrijeme predavanja. Isti test je također bio zadan i prije početka predavanja.



Slika 4. Snimka studenata s istraživanja

Hipoteza istraživanja je ta da će studenti koji su koristili *Tracker* pri obradi gradiva ostvariti bolje rezultate na ispitima nego li kontrolna grupa koja je gradivo obrađivala na standardni način bez korištenja video analize. Hipoteza se naravno ispostavila točnom.

4 Video analiza snimljenih nastavnih eksperimenata pomoću programa *Tracker*

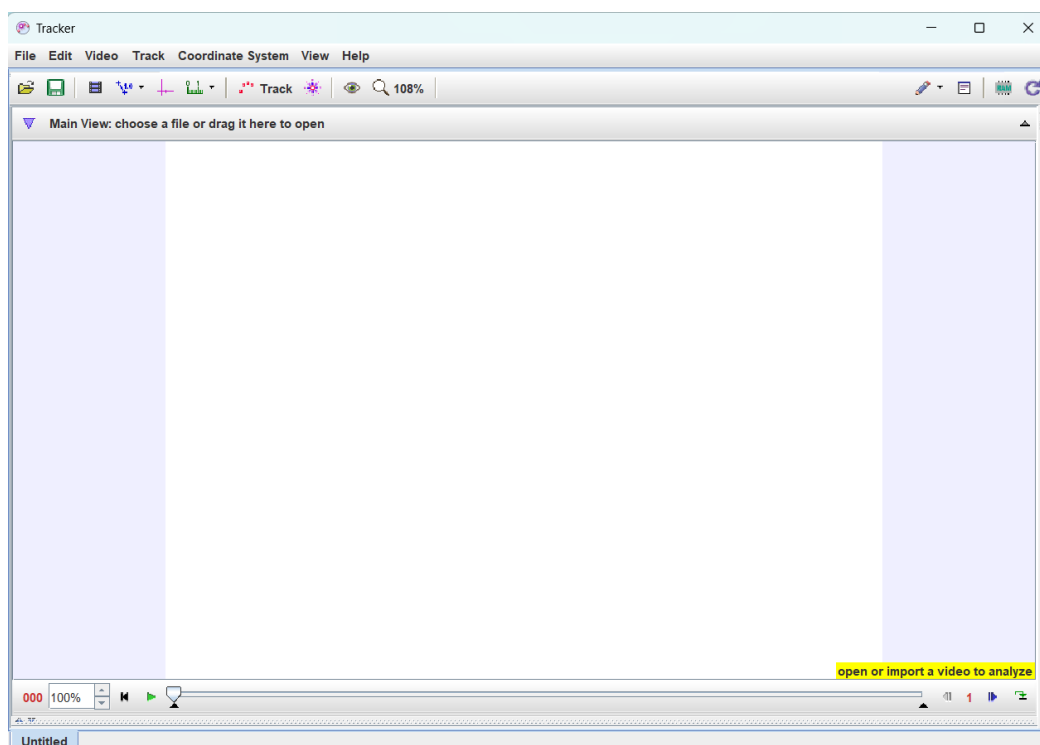
Tracker je besplatni alat za video analizu i modeliranje [3]. Program se može besplatno preuzeti i instalirati na računalima. U popisu literature se nalazi poveznica na kojoj je moguće preuzeti *Tracker*. Kao što smo već naveli u prijašnjem dijelu rada, slijedi kratki opis uputa kako se koristiti samim programom te kako obraditi snimke pokusa.



Slika 5. Ikona programa Tracker.

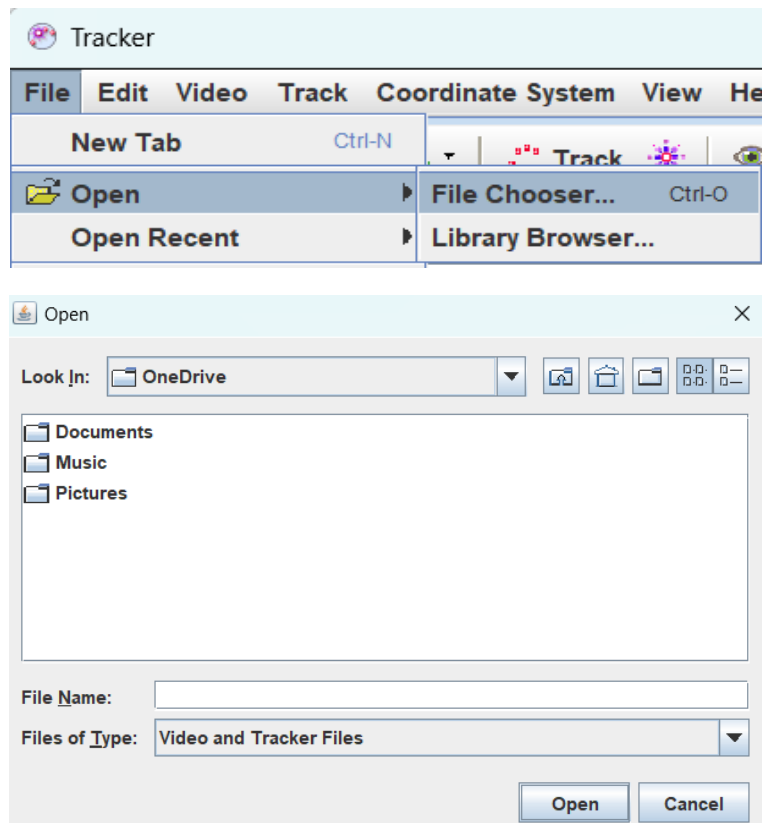
4.1 Upute za korištenje *Tracker*-a

Pokretanjem programa, otvara se početni zaslon:



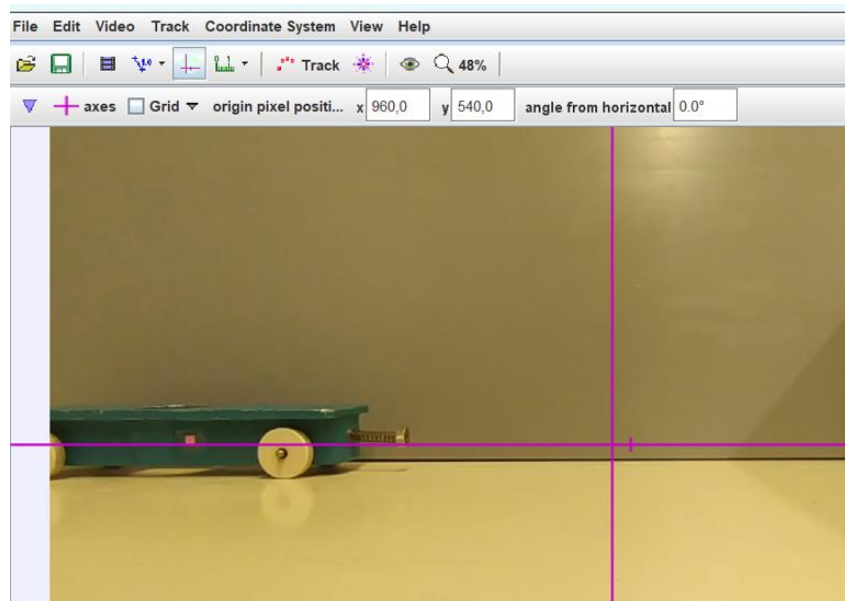
Slika 6.. Početni zaslon programa.

Odabirom opcije „File“ u gornjem lijevom kutu, otvara se padajući izbornik. Nakon toga biramo opciju „File Chooser“ te se otvara manji dodatni prozorčić. Sada možemo pretražiti direktorij u kojem smo spremili snimku. Kada smo ga pronašli pritisnemo tipku „Open“ i video je sada otvoren u programu i spreman je za daljnju obradu.



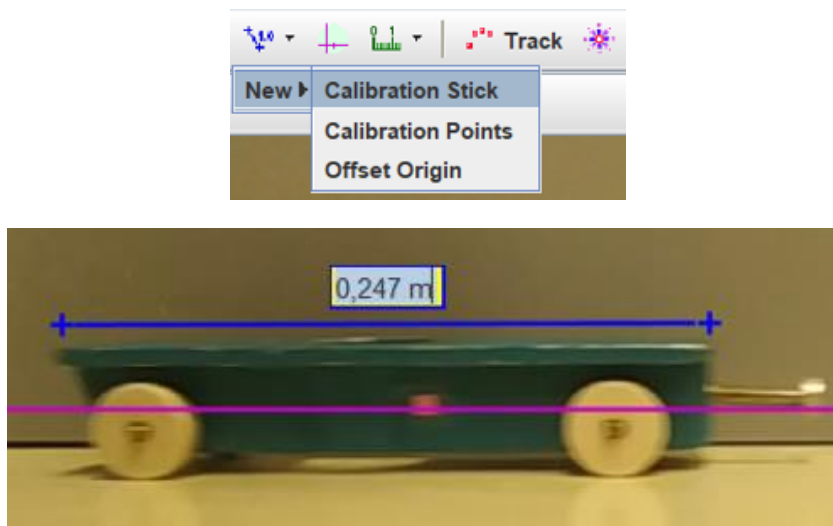
Slika 7. Odabiranje videa za obradu.

Sada možemo postaviti koordinatni sustav odabirom zaokružene ikone na slici dolje. Klikom miša i zadržavanjem možemo pomicati i rotirati koordinatni sustav i tako ga dovesti u željeni položaj.



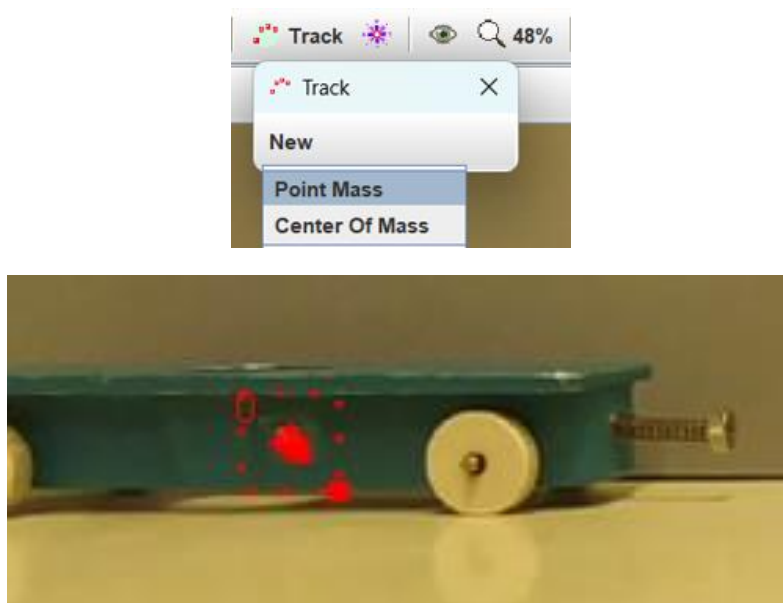
Slika 8. Postavljanje koordinatnog sustava.

Nadalje možemo kalibrirati mjernu jedinicu za duljinu tako što odabiremo ikonu na slici dolje te klikćemo na opciju „Calibration Stick“. Sada možemo pomicati, rotirati, produljiti ili skratiti našu dužinu ovisno o potrebama. Najbolje je da prilagodimo našu mjeru s već unaprijed poznatom duljinom kao što je npr. duljina metalnih kolica. Konačno napišemo iznos duljine klikom na broj poviše dužine.



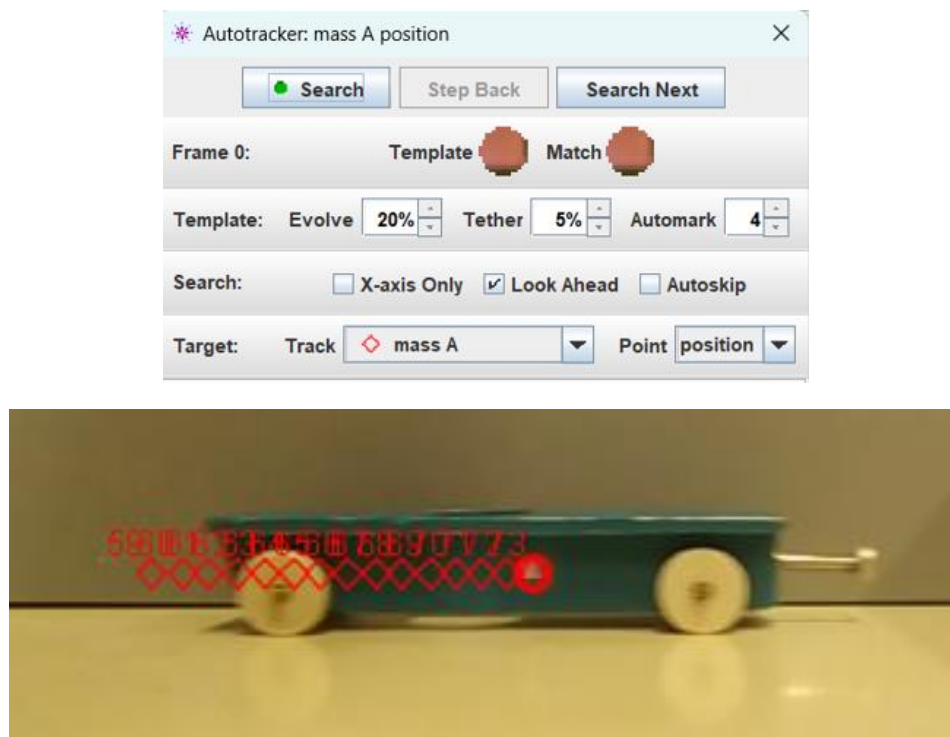
Slika 9. Baždarenje duljine.

Kada smo završili s postavljenjem koordinatnog sustava i baždarenjem udaljenosti krećemo na proces odabiranja predmeta kojeg ćemo pratiti. To radimo odabirom ikonice „Track“, zatim „New“ i konačno „Point Mass“. Zatim na videu označimo područje koje ćemo pratiti. To radimo pritiskanjem tipke „shift“ i tipke „ctrl“. Bitno je napomenuti da *Tracker* analizira grupu pojedinih pixela, pa bi bilo dobro da označimo dio predmeta koji se ističe i razlikuje od okoline. U ovom slučaju odabrali smo rozi kvadratić koji smo zalijepili prije na metalna kolica.



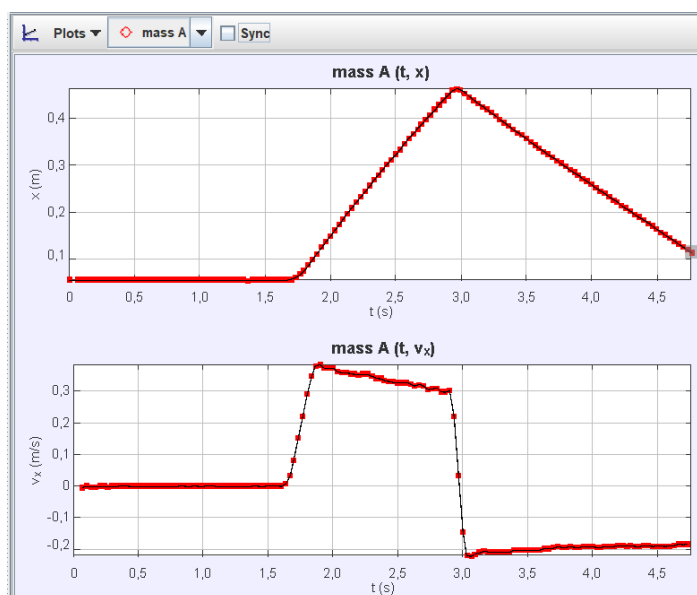
Slika 10. Odabiranje predmeta kojeg ćemo pratiti.

Kada smo odabrali što ćemo pratiti pojavljuje se prozorčić na kojem je prikazan skup pixela kojeg će *Tracker* automatski pratiti svaki „frame“. Stiskanjem tipke „Search“ video se pokreće i dobivamo rezultat kao u slici dolje:



Slika 11. Automatsko praćenje odabranog dijela predmeta.

Kada smo uspješno postavili praćenje, sa strane videa javljaju nam se dva vrlo korisna prostora. U gornjem desnom kutu prikazani su razni grafovi koje *Tracker* sam ispisiuje. Možemo sami odabrati koje grafove će program prikazivati tako što pritisnemo na fizikalnu veličinu koja se nalazi na vertikalnoj osi grafa.



Slika 12. Izgled grafova u Tracker-u.

U donjem desnom kutu program izbacuje tablicu s podacima kao što su vrijeme, položaj i brzina. Ti podaci odgovaraju svakoj točki koju je program uspio „uhvatiti“. Odabirom točke na grafu možemo vidjeti koji podaci toj točki pripadaju. Na taj način očitavamo nama potrebne podatke.

Columns ▾ mass A ▾		
$t(s)$	$x(m)$	$v_x(m/s)$
0,000	5,559E-2	
0,067	5,547E-2	-3,307E-3
0,067	5,537E-2	-4,735E-3
0,100	5,531E-2	-1,070E-3
0,133	5,530E-2	-1,710E-3
0,167	5,520E-2	-1,816E-3
0,200	5,518E-2	-4,129E-4
0,233	5,517E-2	-6,779E-4
0,267	5,514E-2	-1,214E-3
0,300	5,509E-2	-7,949E-4
0,333	5,508E-2	1,655E-4
0,367	5,510E-2	3,760E-4
0,400	5,511E-2	4,732E-4
0,433	5,513E-2	1,787E-4
0,467	5,512E-2	5,377E-5
0,500	5,513E-2	1,801E-4
0,533	5,513E-2	-2,107E-4
0,567	5,512E-2	-2,498E-4
0,600	5,512E-2	-9,773E-5
0,633	5,511E-2	1,410E-4
0,666	5,512E-2	-1,675E-4

Slika 13. Izgled tablice s podacima u Tracker-u.

4.2 Obrada snimljenih pokusa

Za svaki slučaj sudara promatrat ćemo neposredne brzine kolica prije i poslije sudara. Računanjem ukupne količine gibanja sustava prije i nakon sudara pokušat ćemo utvrditi valjanost zakona očuvanja količine gibanja. Napomenimo da ukupna količina gibanja neće u potpunosti biti sačuvana jer sustav nije zatvoren. Postoje gubitci zbog trenja s podlogom, deformacije opruge prilikom sudara, trenje osovine i ležajeva kolica.



Slika 14. Izmjerene mase kolica i utega digitalnom vagom.

Koristit ćemo se dvama metalnim kolicima jednakih masa m_k . Uteg mase m_u možemo smjestiti u otvor na kolicima i tako povećati ukupnu masu tih kolica, označit ćemo tu vrijednost s m_z . U tablici ispod nalaze se izmjerene i izračunate mase navedenih predmeta.

Masa kolica [m_k]	Masa utega [m_u]	Masa kolica s utegom [m_z]
0,773 kg	0,902 kg	1,675 kg

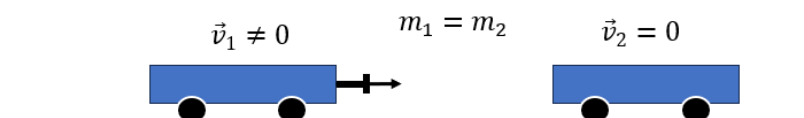
Tablica 4. Vrijednosti masa koje ćemo koristiti u daljnjem računu.

Za izračun ukupne količine gibanja prije i poslije sudara koristit ćemo se jednažbom:

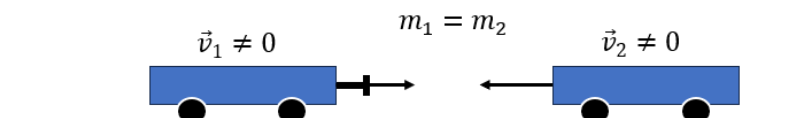
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2, \quad (4.1)$$

gdje masa m_1 predstavlja ukupnu masu kolica s lijeve strane sustava, a masa m_2 predstavlja ukupnu masu kolica s desne strane sustava. Brzine kolica s lijeve strane i brzina kolica s desne strane sustava prije sudara označene su s v_1 i v_2 , redom, a brzine nakon sudara označene su s v'_1 i v'_2 . Kolica koja se gibaju od lijevo naprema desno će imati pozitivan predznak brzine, a kolica koja se gibaju od desna naprema lijevo imat će negativan predznak brzine. Slika 15. prikazuje 5 različitih slučajeva sudara.

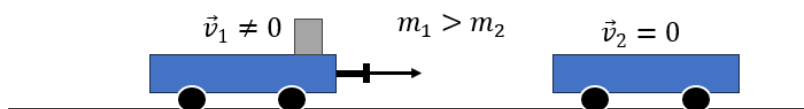
Slučaj 1. Oba tijela imaju jednake mase, ali samo jedno tijelo se giba.



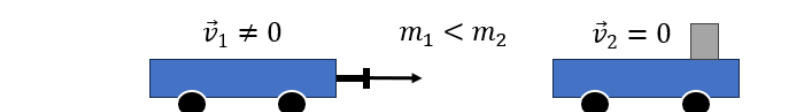
Slučaj 2. Oba tijela imaju jednake mase i gibaju se jedna prema drugima.



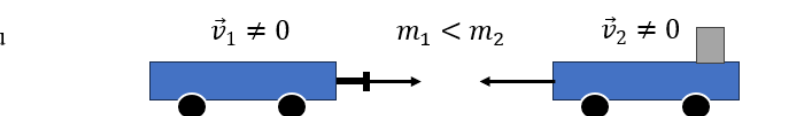
Slučaj 3. Tijela imaju različite mase, tijelo veće mase se giba, a tijelo manje mase miruje.



Slučaj 4. Tijela imaju različite mase, tijelo manje mase se giba, a tijelo veće mase miruje.



Slučaj 5. Tijela različitih masa se gibaju jedna prema drugima.



Slika 15. Skica mogućih slučajeva sudara.

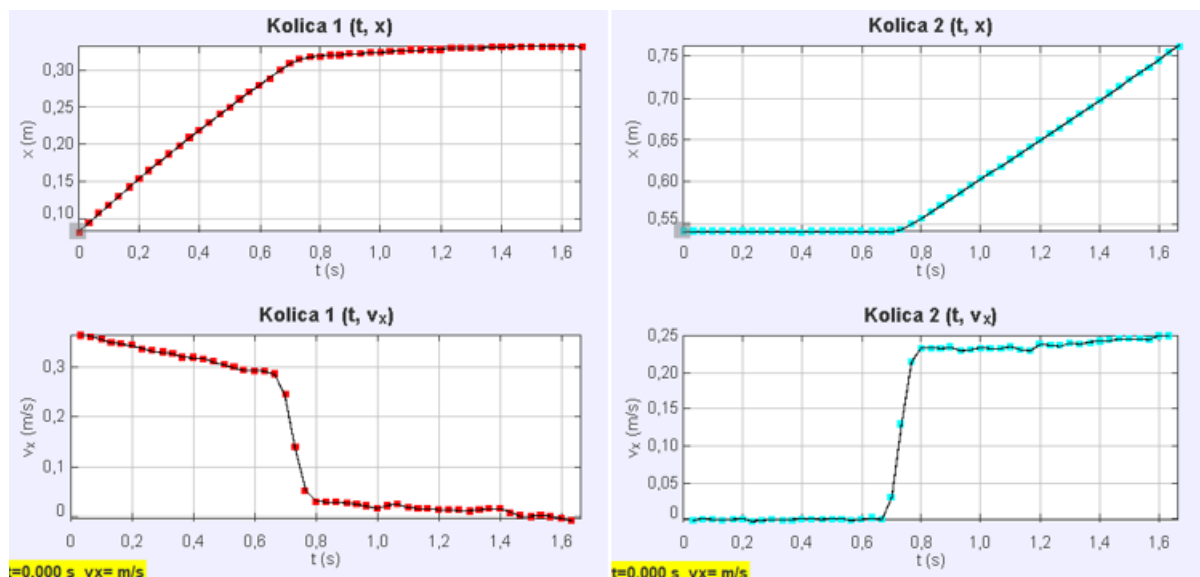
1. Sudar kolica jednakih masa

a) Jedna kolica se gibaju, a druga kolica miruju

$m_1[kg]$	$m_2[kg]$	$v_1[m/s]$	$v_2[m/s]$	$v'_1[m/s]$	$v'_2[m/s]$
0,773	0,773	0,285	0	0,029	0,233

Tablica 5. Izračunate mase i brzine očitane u Tracker-u.

Uvrštavanjem u jednadžbu dobivamo: $p_{prije} = 0,220 \text{ Ns}$ i $p_{nakon} = 0,203 \text{ Ns}$. Uočavamo razliku od $\Delta p = -0,017 \text{ Ns}$. Količina gibanja se smanjila zbog toga što sustav nije izoliran.



Slika 16. $x - t$ i $v_x - t$ grafovi.

Razlog tome može biti trenje s podlogom i deformacija opruge prilikom sudara. Promatrajući grafove za prva kolica, vidimo kako se tijelo prije sudara gibalo jednoliko usporeno, opet razlog tome je trenje, a nakon sudara brzina naglo pada na vrijednost blizu nule i konačno staje. Druga kolica se prije sudara ne gibaju, a nakon sudara brzina naglo poraste. Vidimo kako na grafu s brzinom drugih kolica brzina odjednom počinje lagano rasti, razlog tome je neravna podloga s malim nagibom.

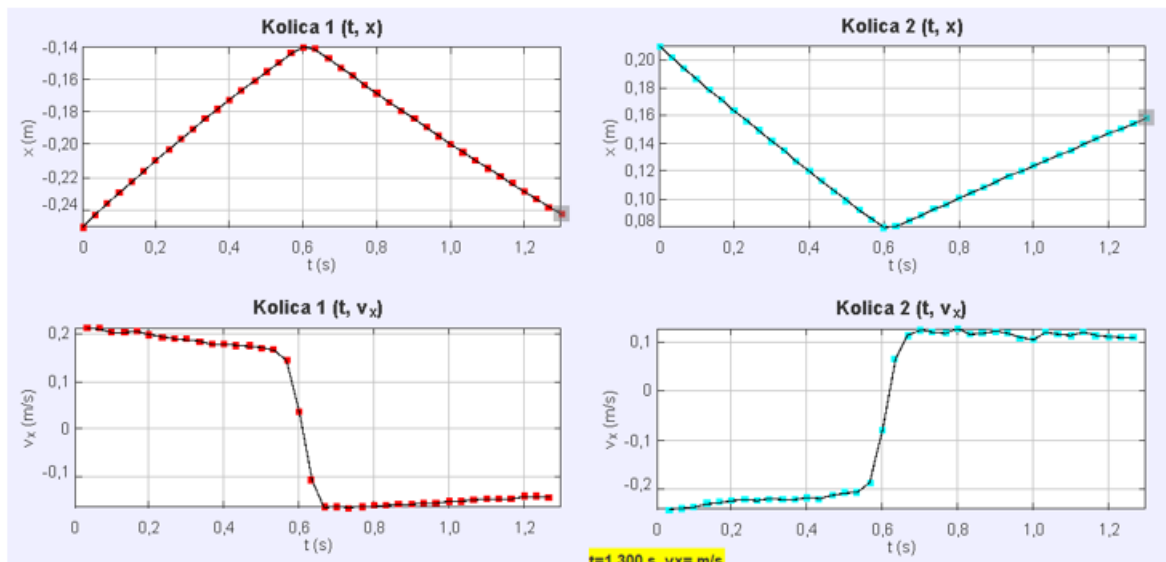
Video snimka je dostupna kao multimedijalni prilog naziva MP1a, a *Tracker* projektna datoteka kao TP1a.

b) Oba kolica se gibaju

$m_1[kg]$	$m_2[kg]$	$v_1[m/s]$	$v_2[m/s]$	$v'_1[m/s]$	$v'_2[m/s]$
0,773	0,773	0,165	-0,204	-0,162	0,126

Tablica 6. Izračunate mase i brzine očitane u Tracker-u.

Uvrštavanjem u jednadžbu dobivamo: $p_{prije} = -0,030 \text{ Ns}$ i $p_{nakon} = -0,027 \text{ Ns}$. Razlika je $\Delta p = -0,003 \text{ Ns}$. Promatrajući grafove položaja i brzina u odnosu na vrijeme vidimo kako su grafovi približno inverzni u smislu u rasta i pada zbog suprotnih smjerova gibanja, odnosno predznaka.



Slika 17. $x - t$ i $v_x - t$ grafovi.

Video snimka je dostupna kao multimedijalni prilog naziva MP1b, a Tracker projektna datoteka kao TP1b.

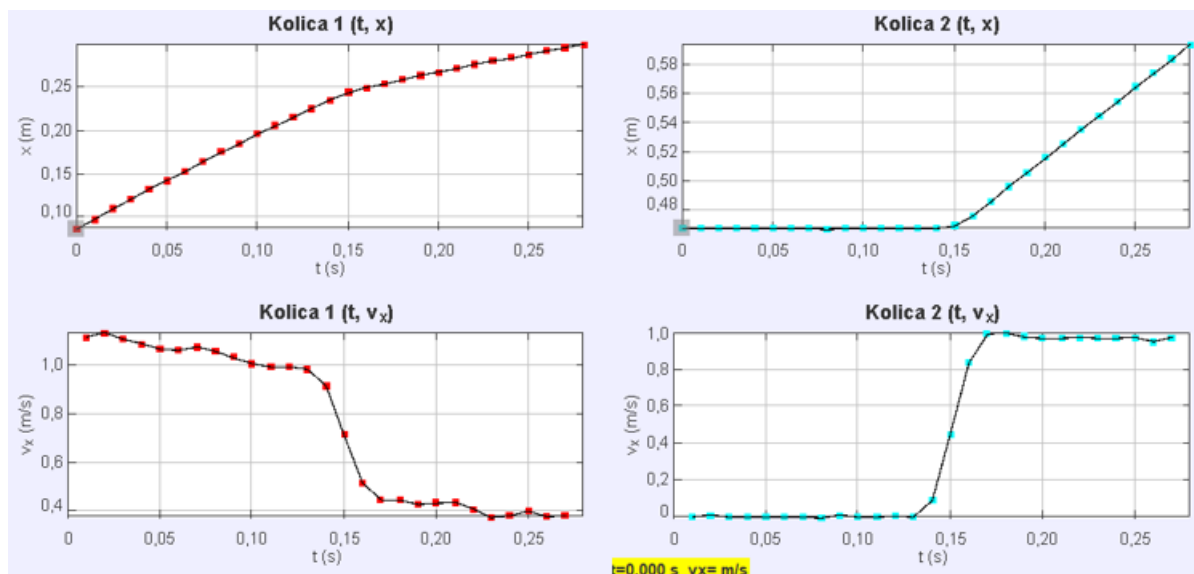
2. Sudar kolica različitih masa

a) Kolica s većom masom se gibaju, a kolica manje mase miruju

$m_1[kg]$	$m_2[kg]$	$v_1[m/s]$	$v_2[m/s]$	$v'_1[m/s]$	$v'_2[m/s]$
1,675	0,773	0,986	0	0,429	0,980

Tablica 7. Izračunate mase i brzine očitane u Tracker-u.

Uvrštavanjem u jednadžbu dobivamo: $p_{prije} = 1,656 \text{ Ns}$ i $p_{nakon} = 1,476 \text{ Ns}$. Razlika je $\Delta p = -0,18 \text{ Ns}$. Vidimo kako se nakon sudara oba kolica gibaju u istom smjeru. Prva kolica se gibaju sporije nego prije dok druga kolica doživljavaju naglo ubrzanje.

Slika 18. $x - t$ i $v_x - t$ grafovi.

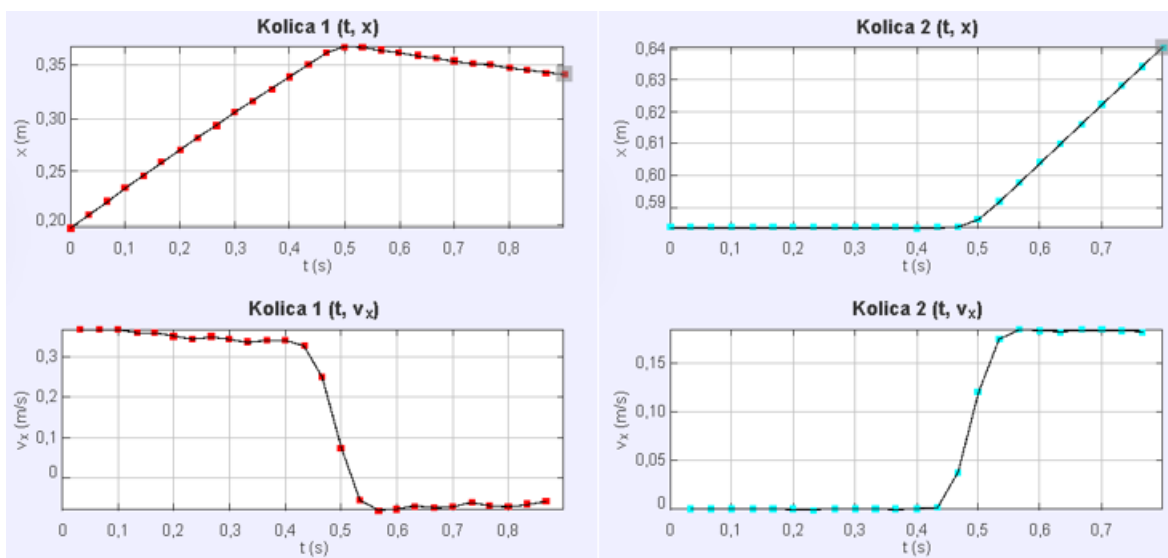
Video snimka je dostupna kao multimedijalni prilog naziva MP2a, a *Tracker* projektna datoteka kao TP2a.

b) Kolica s manjom masom se gibaju, a kolica veće mase miruju

$m_1[kg]$	$m_2[kg]$	$v_1[m/s]$	$v_2[m/s]$	$v'_1[m/s]$	$v'_2[m/s]$
0,773	1,675	0,339	0	-0,077	0,185

Tablica 8. Izračunate mase i brzine očitane u *Tracker*-u.

Uvrštavanjem u jednadžbu dobivamo: $p_{prije} = 0,262 \text{ Ns}$ i $p_{nakon} = 0,250 \text{ Ns}$. Razlika je $\Delta p = -0,012 \text{ Ns}$. Prva kolica se nakon sudara odbijaju i gibaju u suprotnom smjeru.

Slika 19. $x - t$ i $v_x - t$ grafovi.

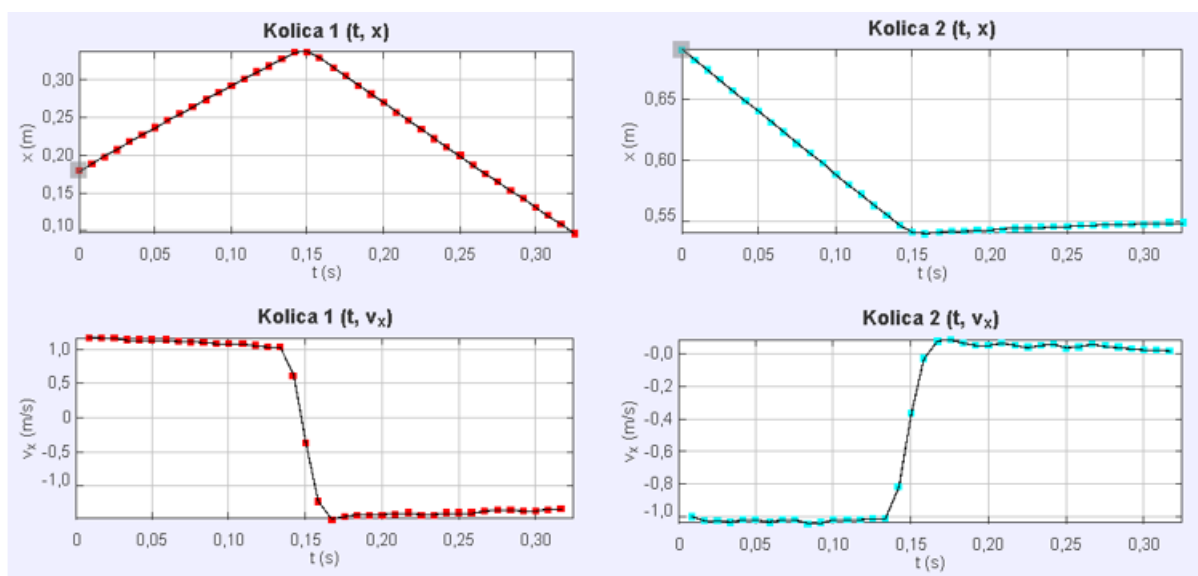
Video snimka je dostupna kao multimedijalni prilog naziva MP2b, a *Tracker* projektna datoteka kao TP2b.

c) Oba kolica se gibaju

$m_1[kg]$	$m_2[kg]$	$v_1[m/s]$	$v_2[m/s]$	$v'_1[m/s]$	$v'_2[m/s]$
0,773	1,675	1,025	-1,015	-1,439	0,082

Tablica 9. Izračunate mase i brzine očitane u *Tracker*-u.

Uvrštavanjem u jednadžbu dobivamo: $p_{prije} = -0,908 \text{ Ns}$ i $p_{nakon} = -1,250 \text{ Ns}$. Razlika je $\Delta p = -0,342 \text{ Ns}$. Uočavamo kako se tijela nakon sudara gibaju u suprotnim smjerovima. Prva kolica se silovitije odbijaju dok se druga kolica skoro i zaustave.



Slika 20. $x - t$ i $v_x - t$ grafovi.

Video snimka je dostupna kao multimedijalni prilog naziva MP2c a *Tracker* projektna datoteka kao TP2c.

5 Metodička obrada nastavnog gradiva

Uvođenjem „Škole za život“ mijenja se oblik nastave u školama. Tradicionalna nastava, u smislu da profesor predaje dok učenici samo pasivno prepisuju i ne sudjeluju puno u nastavi, zamijenjena je novim oblikom nastave u kojem učenici postaju aktivniji u svom sudjelovanju. Razni oblici radova u paru, grupnih radova i projektnih zadataka diversificirali su nastavni proces. Naravno i tehnologija je pripomogla tome. Razni programi, simulacije, videozapisi i interaktivni online materijali obogatili su izbor alata kojima se profesor može poslužiti na nastavi. Sada ćemo dati nekoliko prijedloga kako možemo iskoristiti *Tracker* na nastavi fizike u srednjoj školi. U prilogu rada se nalazi primjer jedne pisane pripreme za nastavni sat fizike.

Demonstracijski pokus:

Prilikom obrade zakona očuvanja količine gibanja, možemo učenicima demonstrirati nekoliko primjera sudara. Možemo pokuse izvesti sami ili zatražiti jednog ili dva učenika da nam pomognu pri guranju kolica. Pokus bi mogli izvesti na stolu ili na podu. Zatražili bi da se učenici ustanu i približe ako ne vide dobro. Prije samih sudaranja mogli bi pitati učenike koja su njihova očekivanja, odnosno što pretpostavljaju da će se dogoditi. Možemo ih pitati nešto poput:

- Što mislite što će se dogoditi kada sudarimo ova kolica?
- U kojim smjerovima će se kolica gibati?
- Što bi se dogodilo ako su jedna kolica teža/lakša?
- Što bi se dogodilo da nema opruge?

Nakon što učenici daju svoje prijedloge možemo izvesti pokus i vidjeti jesu li bili u pravu. S učenicima bi mogli izmjeriti mase kolica i utega i zapisati ih na ploču odnosno u teke. Da se uštedi na vremenu, mogli bi pokazati već snimljen video koji je obrađen u *Tracker*-u. Učenike bismo mogli pitati da prepoznaju izgled grafova i pitati ih koje oblike gibanja imamo. Zajedno bismo očitali brzine prije i poslije sudara te tako računali količine gibanja. Usporedbom rezultata došli bi do zaključka o valjanosti zakona očuvanja količine gibanja.

Projektni zadatak - rad u paru/grupi:

Alternativno, nastavu bi mogli provesti na sljedeći način: učenike bismo podijelili u parove ili grupe do četiri učenika te svakoj grupi zadali isti zadatak da naprave pokus i obrade ga u *Tracker*-u. Naravno prije toga bi im trebali pokazati kako koristiti *Tracker*. Za to nam može poslužiti prethodno poglavlje. Svaki učenik bi imao različitu zadaću. Netko bi mjerio mase kolica i utega, netko bi snimao pokus, netko bi obavio izračun itd. Na kraju bi mogli napraviti prezentaciju ili plakat te tako pokazati svoj rad i zaključak. Naravno, ovaj oblik rada je jako zahtjevan vremenski, ali i financijski, treba pripremiti više kolica, utega, vaga i sprava za mjerenje duljine.

Praktikumski oblik nastave:

Nastavi bi mogli pristupiti kao i praktikumu. Učenike bi ponovno podijelili u parove/grupe i dali im sve potrebne materijale i upute. Sve bi se obavilo na satu i tako bi svi zajedno došli do zaključaka. Naravno ovaj oblik nastave je također zahtjevan vremenski i financijski.

Provjera naučenog gradiva:

Kako bismo provjerili znanje naših učenika i razinu usvojenosti gradiva, možemo se koristiti s nekoliko metoda. Jedna od njih je ispunjavanje listića na kraju sata kako bi vidjeli koliko je koji učenik savladao gradivo. Moderniji i učenicima draži pristup je održavanje popularnog *Kahoot* kviza. *Kahoot* je besplatna stranica koja omogućava sastavljanje kratkih kvizova. Kviz možemo projicirati na platnu dok učenici rješavaju kviz pomoću mobitela. Primjeri kvizova nalaze se u pripremi.

Prilagodba gradiva i individualizacija:

Neki učenici nisu u mogućnosti savladati gradivo zbog raznih poteškoća te smo u većini slučajeva dužni smanjiti ili prilagoditi opseg gradiva. Kada bismo radili s nekim učenikom koji ima posebne potrebe možemo im dati detaljnije upute ili neke korake obaviti umjesto njih. Primjerice, možemo mu pomoći snimiti pokus ili učitati video u program i pomoći s označavanjem. Također možemo izbaciti dijelove pokusa u kojima moraju sami računati te im zadati da samo riječima opišu svoja zapažanja. Ako učenik ima problema s vidom možemo im pripomoći s očitavanjem rezultata i čitanjem uputa umjesto njih.

Ujedno je važno i spomenuti nadarene učenike. To su učenici koji pokazuju veliku zainteresiranost za predmet i nerijetko imaju odlične rezultate na ispitima, a možda idu i na natjecanja. Takvim učenicima možemo zadati opsežnije zadatke, primjerice možemo tražiti od njih da računaju i neku drugu fizičku veličinu ili da promatraju i graf akceleracije tijela.

Pisana priprema za nastavni sat fizike

Nastavni proces zahtjeva dobru pripremljenost nastavnika. U planiranju nastave i izgleda predavanja, profesori se služe pisanim priprema. U njima možemo pronaći generalne informacije kao što su obrazovni ishodi i ishodi učenja. Nalazi se okvirni makroplan nastavnog sata te detaljni raspis tijeka predavanja. Navedeni su osnovni pojmovi koji će se obraditi, zadaci koji će se riješiti i pokusi koji će se izvoditi. Kao dodatak radu, stavljena su dvije pripreme koje mogu poslužiti nastavniku fizike kao pomoć pri obradi gradiva impulsa sile, količine gibanja i zakona očuvanja količine gibanja.

6 Diskusija

Nakon reforme kurikuluma 2018. godine i uvođenjem takozvane „Škole za život“, prestaje tradicionalni oblik nastave, gdje glavnu riječ ima profesor, a učenici su pasivni slušači. Naglasak se sada stavlja na same učenike. Profesor postavlja pitanja, vodi razgovor s učenicima i pokreće diskusiju. Učenike se potiče na kritičko razmišljanje i rješavanja problemskih zadataka (eng. *problem solving*). Danas se u nastavi koriste mnoge metode i oblici rada kao što su grupni radovi, radovi u paru i projektni zadaci. Razvoj tehnologije također je omogućio korištenje raznih programa, aplikacija i simulacija. Navedeni digitalni sadržaji mogu poslužiti nastavnicima kao izvrstan alat za demonstracijske pokuse te tako mogu obogatiti svoje predavanje u školi.

Kao što smo vidjeli u trećem poglavlju ovoga rada, korištenje programa *Tracker* prilikom nastavnih predavanja pokazuje poboljšanje u rezultatima provjera znanja. Sada ćemo navesti prednosti i eventualne mane i poteškoće koje se mogu pojaviti prilikom korištenja *Tracker*-a u nastavi. Prva odlika *Tracker*-a je naravno ta što je besplatna za korištenje pa škole i nastavnici ne moraju osigurati dodatna financijska sredstva kako bi obogatili svoje sate novim sadržajem. Nadalje, korištenjem *Tracker*-a možemo na zoran način prikazati fizičke koncepte kao što su brzina, akceleracija i put. Mogućnost programa da sa desne strane videa izbacuje već gotove grafove je od iznimne vrijednosti. Učenici tako mogu bolje vizualizirati fizičke probleme i pomoću toga brže usvojiti nastavno gradivo. Korištenjem *Tracker*-a možemo u učenicima pobuditi zainteresiranost i motivaciju. Većini ljudi je lakše shvatiti neke pojmove ako im se prilikom objašnjavanja nešto demonstrira ili pokaže, nego li samo slušanjem činjenica i podataka. Još jedna prednost programa je ta da problem možemo vizualizirati pomoću grafova i tablica. Prema rezultatima istraživanja [8] većina učenika bolje pamti pomoću takvih oblika prikaza podataka.

Prijedimo sada na negativne strane korištenja *Tracker*-a u nastavi. Moguće je da neki učenici nisu u sposobnosti dobro vidjeti projekciju na platnu jer je često kvaliteta snimke jako loša zbog projektoru. Taj problem bi mogli riješiti tako da pozovemo učenike da se približe platnu ili da dođu do našeg računala i tako im pokažemo. Sljedeći problem je ograničenost s vremenom. Kada bismo zajedno snimali pokus u razredu i video obradili u *Tracker*-u, za to bi nam bilo potrebno skoro cijeli školski sat ako ne i više. Sadašnjim opsegom količine gradiva i fontom sati fizike bilo bi jako teško izvesti sve to u vremenu. Jedna mogućnost bi bila učenicima to zadati kao projektni zadatak, ali naravno trebali bi im dati i upute. Moguće je da neki učenici postanu opterećeni s količinom informacija te tako postati demotivirani ili nezainteresirani. Sljedeći faktor na koji treba obratiti pažnju je i vrijeme potrebno nastavniku za pripremu nastavnog materijala i slaganje opreme. Konačno trebamo napomenuti da oprema potrebna za provođenje ove metode nije jeftina te tako stvaramo i financijski trošak. Nastavnik bi trebao donijeti konačnu odluku kada i na koji način bi mogao koristiti ovakav pristup nastavi.

7 Zaključak

Napretkom tehnologije dolaze na pozornicu nove metode podučavanje i oblika nastave. Jedna od tih metoda je korištenje video analize podataka u svrhu dolaženja do spoznaja o fizikalnim pojmovima i zakonitostima.

U ovom radu detaljnije smo se dotakli teme impulsa, količine gibanja i zakona količine gibanja za prvi razred srednje škole. Upoznali smo se s vrstama sudara i pogledali moguće verzije sudara u jednoj dimenziji. Podatke smo obradili u besplatnom računalnom programu otvorenog koda *Tracker*. Prikazali smo i komentirali rezultate istraživanja provedenih na temu korištenja video analize *Tracker*-om kao metodom poučavanja u nastavi fizike. Zaključak istraživanja je pozitivan; rezultati provjera znanja učenika koji su prisustvovali nastavi na kojoj se koristio *Tracker* su veći nego li rezultati kontrolne grupe učenika koji su slušali tradicionalni oblik nastave [6,7,8]. U daljnjem dijelu rada dani su prijedlozi i ideje predavanja na temu zakona količine gibanja koristeći se *Tracker*-om. U radu se nalaze i dva primjerka pisanih priprema za nastavu u kojima je raspisan detaljan tijek nastavnog sata i predavanja. Spomenut je i primjer projektnog zadatka kojeg možemo zadati učenicima da odrade uz naše vođenje i pomoć. Konačno smo diskutirali pozitivne aspekte korištenja ovakve metode držanja nastave i moguće negativne posljedice i poteškoće pri samoj izvedbi navedenog oblika rada s učenicima u razredu.

Kako bi upotpunili ovaj diplomski rad, bilo bi poželjno odraditi istraživanje na nastavi u srednjoj školi. Istraživanje bi proveli tako da učenike podijelimo u dvije skupine sličnih kognitivnih, demografskih i socio-ekonomskih obilježja. Prva skupina učenika bi koristila tradicionalan način učenja bez korištenja *Tracker*-a, a druga skupina sa korištenjem *Tracker*-a. Nakon dovoljnog broja podataka za statističku analizu, mogli bismo vidjeti postoji li razlika u rezultatima konceptualnih testova između učeničkih skupina.

8 Literatura

- [1] Mišljenje učenika o predmetima u školi, URL: <https://applytvvetcolleges.co.za/what-is-the-most-hated-subject/>
- [2] Rezultati državne mature, URL: <https://www.ncvvo.hr/drzavna-matura-2022-2023-ljetni-rok/> (14.9.2023.)
- [3] Program *Tracker*, D. Brown, W. Christian, R. M Hanson, 2008. *Tracker* 6.0.10 URL: <https://physlets.org/tracker/> (19.9.2023.)
- [4] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamentals of Physics 10 edition*, URL: https://elearn.daffodilvarsity.edu.bd/pluginfile.php/987150/mod_label/intro/fundamentals-of-physics-textbook.pdf (14.9.2023.)
- [5] Edutorij, URL: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/8b109d99-b37e-4aa4-821c-ab1d3c48e3d6/html/24127_Impuls_sile_i_kolicina_gibanja.html (14.9.2023.)
- [6] Loo Kang Wee et al, *Using Tracker to understand 'toss up' and free fall motion: a case study*, 2015 Phys. Educ. 50 436
- [7] S. A. Fahrunnisa et al, *Experiments of the law of conservation of mechanical energy using video tracker in high school learning*, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1806 012035
- [8] Peter Hockicko, L'uboš Krišt'ák, Miroslav Němec, *Development of students' conceptual thinking by means of video analysis and interactive simulations at technical universities*, European Journal of Engineering Education, 2014.
- [9] FIZIKA OKO NAS 1, udžbenik fizike s digitalnim sadržajem za prvi razred gimnazije, Izdavač: Školska knjiga d.d., Autori: Vladimir Paar, Anica Hrlec, Melita Sambolek, Karmena Vadlja Rešetar
- [10] I. Kreč, *Vizualizacija podataka i pamćenje na primjeru srednjoškolske populacije*, 2020. (14.9.2023.)
- [11] URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Impulse_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Impulse_(physics)) (14.9.2023.)
- [12] URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Momentum> (14.9.2023.)

9 Prilog: Pisane pripreme za nastavni sat fizike

PISANA PRIPREMA ZA NASTAVNI SAT MATEMATIKE

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno matematički fakultet

Student:	Frane Maglica
Studijska grupa:	Matematika i fizika
Akadska godina:	2022./2023.

Razred:	Prvi razred srednje škole
Nastavna tema:	Impuls sile i količina gibanja
Tip nastavnog sata:	Obrada novog gradiva

Odgojno-obrazovni ishodi i

FIZ SŠ B.1.4.	Analizira primjere pomoću III. Newtonovog zakona.
Primjenjuje III. Newtonov zakon i zakon očuvanja količine gibanja.	Povezuje impuls sile s promjenom količine gibanja.
	Na primjerima povezuje impuls sile i promjenu količine gibanja tijela.

Ishodi učenja:

Učenici će:	Definirati pojmove impulsa sile i količine gibanja.
	Povezati impuls sile s promjenom količine gibanja.
	Računati impuls sile i količinu gibanja.

Nastavna sredstva i pomagala:

Literatura:	FIZIKA OKO NAS 1, udžbenik fizike s digitalnim sadržajem za prvi razred gimnazije, Izdavač: Školska knjiga d.d., Autori: Vladimir Paar, Anica Hrlec, Melita Sambolek, Karmena Vadlja Rešetar
Nastavna sredstva:	Udžbenik
Nastavna pomagala:	Kreda i ploča, Kahoot kviz

Makroplan nastavnog sata:

Uvod:

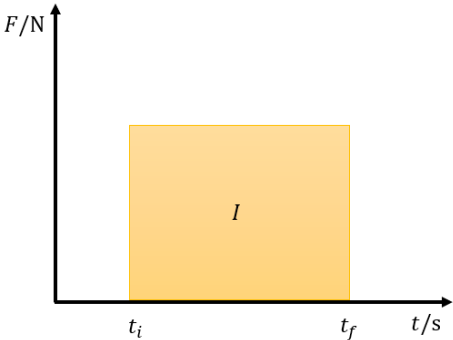
Za početak ponoviti s učenicima Newtonove zakone te pojmove mase, akceleracije i brzine.

Glavni dio sata:

Definirati impuls sile i napisati formulu i mjerne jedinice. Dati primjer s zaustavljanjem praznih kolica i automobila. Definirati količinu gibanja i napisati formulu i mjerne jedinice. Izvesti formulu koja povezuje impuls sile i količinu gibanja. Riješiti dva zadataka s impulsom sile i količinom gibanja.

Završni dio sata:

Ponavljjanje gradiva uz Kahoot kviz.

<p>Prisjetite se sada kada ste spominjali brzinu, put i vrijeme. Što nam je predstavljala površina ispod v-t grafa? Tako je.</p>  <p>Po toj logici što bi predstavljala površina ispod F-t grafa? Super.</p> <p>Evo sada jedno pitanje za vas. Zamislite situaciju da se prema vama polako kreću prazna kolica (iz trgovine). Bili bio problem zaustaviti za kolica? Dobro, a da se istom brzinom prema vama kreće kamion?</p> <p>A sada zamislite da vam neko baca lopticu npr. igrate graničara. Je li lakše uhvatiti loptu koja ide brže ili sporije?</p> <p>Odlično. Primijetite da su vaši odgovori ovisili o brzini ili o masi tijela. Uvodimo novu fizikalnu veličinu koju nazivamo količina gibanja. Definiramo je kao umnožak brzine i mase tijela. To je također vektorska veličina koja ima isti smjer kao i brzina.</p> $\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$ <p>Koja bi sada bila mjerna jedinica?</p> <p>Tako je, ali kada se to malo bolje pogleda vidimo da je to zapravo opet njutnsekunda:</p>	<p>Prijeđeni put.</p> <p>Impuls sile.</p> <p>Ne.</p> <p>Teško bi ga zaustavili?</p> <p>Ako ide sporije.</p>
--	---

$\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s} = \text{Ns}.$ <p>Pogledajmo sada izraz za II. Newtonov zakon:</p> $\vec{F} = m \cdot \vec{a}.$ <p>Kako možemo zapisati akceleraciju? Koja je definicija? Napišimo akceleraciju kao promjenu brzine kroz promjenu vremena.</p> $\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$ <p>Pomnožimo sada sve s nazivnikom:</p> $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}.$ <p>Koje su ovo fizikalne veličine na lijevoj i desnoj strani?</p> <p>Vidimo kako je impuls sile jednak promjeni količine gibanja tijela.</p> <p>Sada možemo izreći alternativni oblik II. Newtonovog zakona: Sila je jednaka promjeni količine gibanja u vremenu. Promjena količine gibanja jednakog je smjera i orijentacije kao i sila.</p> $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}.$ <p>Riješimo sada za vježbu dva zadatka.</p> <p><u>Zadatak 1.</u></p> <p>Zrakoplov mase $1,5 \cdot 10^5$ kg miruje na početku piste. Tijekom 25 sekundi jednoliko ubrzava do brzine 65 m/s. Kolika srednja sila djeluje na zrakoplov za vrijeme uzlijetanja?</p>	<p>Kilogram puta metar kroz sekunda.</p> <p>Akceleracija je promjena brzine podijeljena s promjenom vremena.</p> <p>Impuls sile i promjena količine gibanja.</p>
---	--

$$m = 1,5 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

$$t = 25 \text{ s}$$

$$v_0 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{mv - mv_0}{t}$$

$$\vec{F} = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot 65 \text{ m/s}}{25 \text{ s}}$$

$$\vec{F} = 3,9 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Zadatak 2.

Skijaš mase 60 kg udari brzinom 8 m/s u snježni nanos. Zbog toga se zaustavi za 1,5 sekundi. Koliki je bio impuls sile i kolika je srednja sila koja ga je zaustavila?

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$v = 8 \text{ m/s}$$

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$I = ?, F = ?$$

$$I = \Delta p$$

$$I = 60 \cdot 8 = 480 \text{ Ns}$$

$$F = \frac{mv}{t} = \frac{480}{1,5} = 320 \text{ N}$$

Završni dio

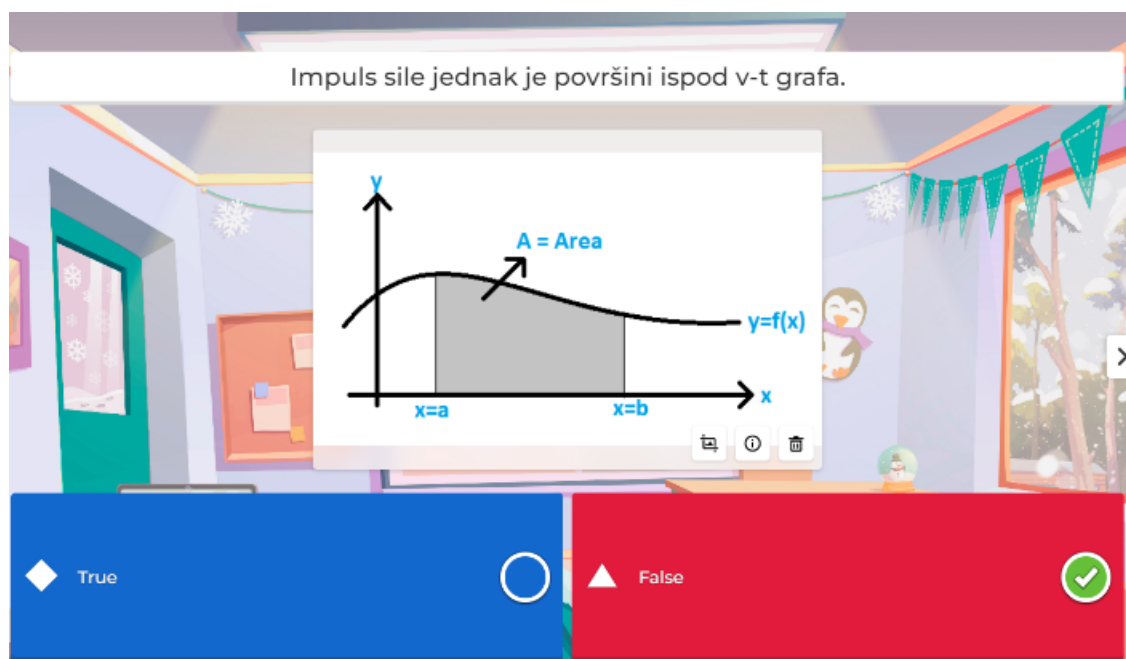
Za ponavljanje ćemo riješiti jedan Kahoot kviz. Imate 6 pitanja, svako pitanje ima jedan točan odgovor. Sretno.

Kahoot kviz:

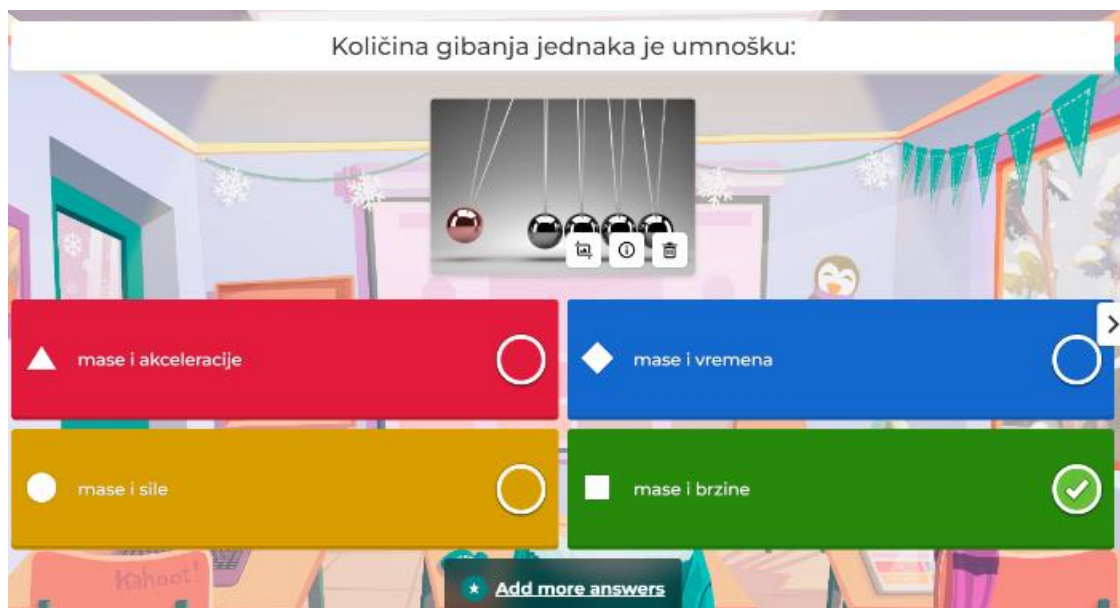
Pitanje 1. Točan odgovor je Newton puta sekunda (njutnsekunda).



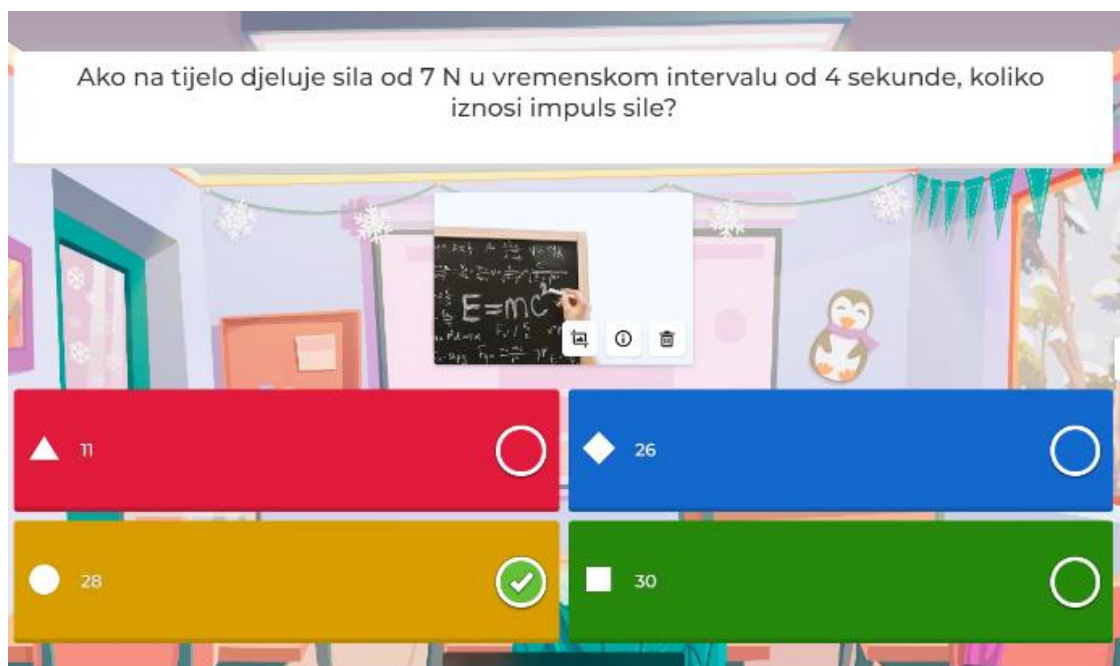
Pitanje 2. Netočno. Impuls sile jednak je površini ispod F - t grafa.



Pitanje 3. Točan odgovor je „mase i brzine“.



Pitanje 4. Točan odgovor je 28 Ns. Pomnožimo 7 N i 4 s.



Impuls sile i količina gibanja

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

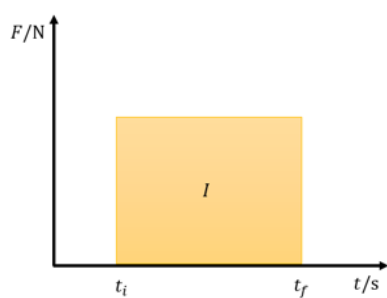
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$[\text{Ns}]$$

$$\left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s} = \text{Ns} \right]$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$



PISANA PRIPREMA ZA NASTAVNI SAT FIZIKE

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno matematički fakultet

Student:	Frane Maglica
Studijska grupa:	Matematika i fizika
Akadska godina:	2022./2023.

Razred:	Prvi razred srednje škole
Nastavna tema:	Zakon očuvanja količine gibanja
Tip nastavnog sata:	Obrada novog gradiva

Odgojno-obrazovni ishodi

FIZ SŠ B.1.4. Primjenjuje III. Newtonov zakon i zakon očuvanja količine gibanja.	Analizira primjere pomoću III. Newtonovog zakona. Povezuje impuls sile s promjenom količine gibanja. Primjenjuje zakon očuvanja količine gibanja.
--	---

Ishodi učenja:

Učenici će:	Opisati i primijeniti zakon očuvanja količine gibanja. Definirati i razlikovati elastični i neelastični sudar. Analizirati zakon očuvanja količine gibanja kroz pokus. Računati količinu gibanja.
--------------------	--

Nastavna sredstva i pomagala:

Literatura:	FIZIKA OKO NAS 1, udžbenik fizike s digitalnim sadržajem za prvi razred gimnazije, Izdavač: Školska knjiga d.d., Autori: Vladimir Paar, Anica Hrlec, Melita Sambolek, Karmena Vadjla Rešetar Fizika 1, udžbenik za prvi razred gimnazije – Nikica Simić
Nastavna sredstva:	Udžbenik
Nastavna pomagala:	Kreda i ploča, Kahoot kviz, metalna kolica, uteg, digitalna vaga, program Tracker, računalo

Makroplan nastavnog sata:

Uvod:

Za početak ponoviti s učenicima pojmove impulsa sile i količine gibanja.

Glavni dio sata:

Definirati pojam zatvorenog sustava. Definirati vrste sudara: elastični i neelastični. Kroz pokus s kolicima i utezima te analizom pokusa na aplikaciji *Tracker* uvesti zakon očuvanja količine gibanja. Riješiti zadatak s zakonom očuvanja količine gibanja.

Završni dio sata:

Ponavljjanje gradiva uz *Kahoot* kviz.

Tijek nastavnog sata:

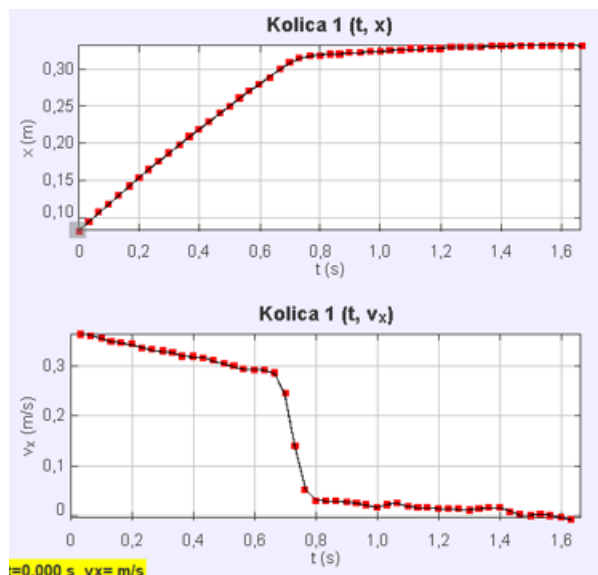
<u>Nastavnik</u>	<u>Učenici</u>
<p><u>Uvod:</u></p> <p>Prošli sat smo se dotakli pojmova impulsa sile i količine gibanja. Može li mi netko ukratko reći kako smo te pojmove definirali?</p> <p>Odlično. Sada ćemo definirati nekoliko pojmova koja će nam biti potrebna za daljnju obradu gradiva, a nakon toga ćemo pogledati neke pokuse i njihovu obradu u jednom programu.</p> <p><u>Glavni dio:</u></p> <p>Možete li mi dati nekoliko primjera sudara iz svakodnevnog života?</p> <p>U prirodi razlikujemo dvije vrste sudara:</p> <p>Elastični i neelastični sudar. Šta mislite koja bi bila razlika?</p> <p>Još jedan pojam kojeg se moramo dotaknuti je izolirani sustav. Što vam pada na pamet: kakav bi to bio zatvoreni sustav?</p> <p>Sada kad to sve imamo na umu, možemo započeti s nekoliko pokusa različitih situacija sudara metalnih kolica. Računat ćemo mase i brzine</p>	<p>Impuls sile je umnožak sile i vremena, a količina gibanja je umnožak mase tijela i njegove brzine.</p> <p>Sudar automobila, biljarske kuglice itd.</p> <p>Elastični sudar bi bio sudar u kojem se tijela nakon sudara gibaju razdvojeno, a neelastični sudar je vrsta sudara u kojem se tijela nakon sudara gibaju zajedno.</p> <p>Sustav koji je izdvojen od ostatka okoline. To je sustav koji ne izmjenjuje energiju ni materiju s okolinom.</p>

naših kolica te ćemo računati njihove količine gibanja prije i poslije sudara te ćemo vidjeti postoji li neko pravilo ili zakonitost.

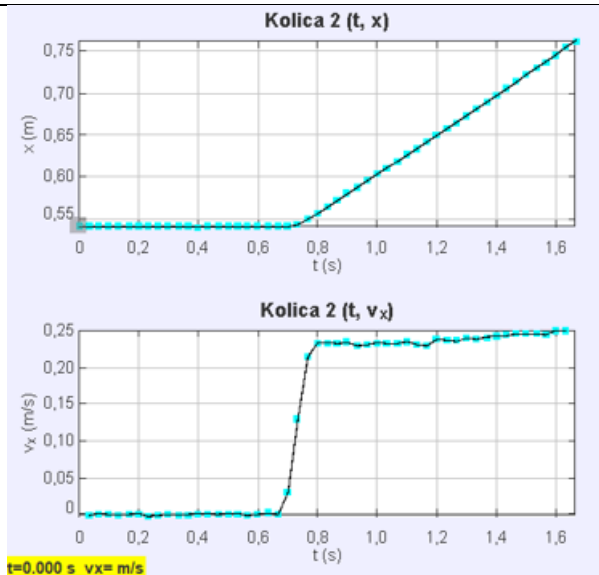
Pokus 1. Sudar kolica istih masa (jedna gibaju, druga miruju)

Imamo par metalnih kolica i uteg. Ima li možda koji dobrovoljac da izmjeri mase ovih utega i kolica te da ih zapišemo? Prvo što ćemo napraviti je sudar ovih kolica bez utega. Jedna će mirovati, a druga ćemo pogurati. Što mislite što će se dogoditi?

Iščitajmo sada brzine kolica prije i neposredno poslije sudara. To ćemo napraviti uz pomoć programa *Tracker*. To je jedan alat za video analizu koji nam omogućava da pratimo tijela koja se gibaju.



Kolica će se odbiti.



Sada ćemo izračunati količine gibanja prije i poslije sudara za svako tijelo. Zbrojimo te količine gibanja prije sudara te ih usporedimo sa zbrojem količina gibanja nakon sudara.

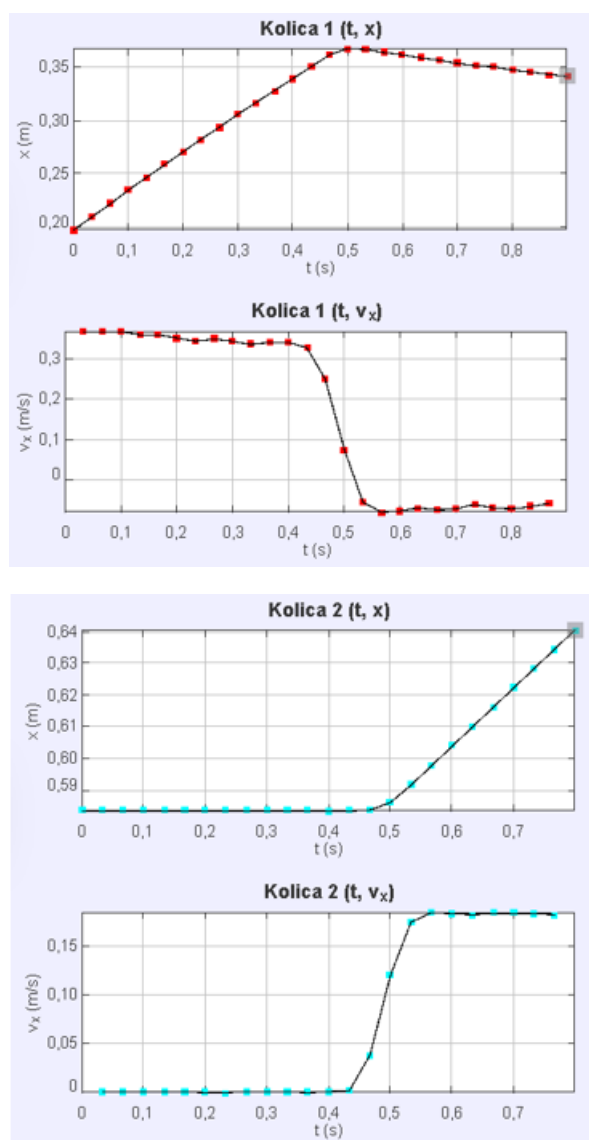
$$p_{\text{prije}} = 0,220 \text{ Ns} \text{ i } p_{\text{nakon}} = 0,203 \text{ Ns}$$

Vidimo da su rezultati jako slični. Pogledajmo sada još jedan primjer.

Pokus 2. Sudar kolica različitih masa (lakša gibaju, teža miruju)

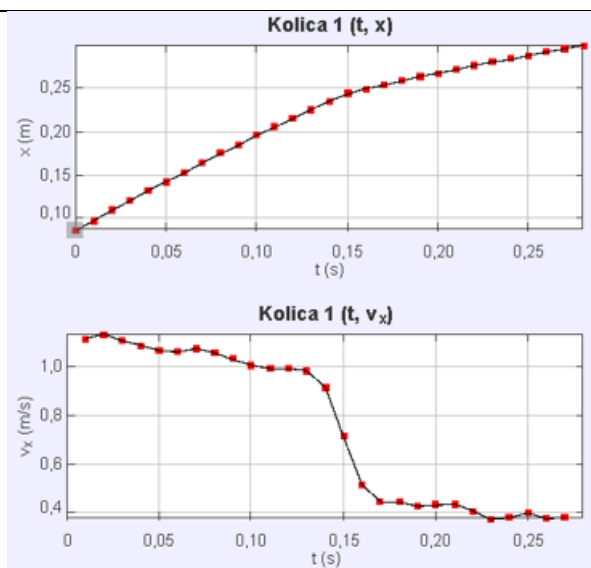
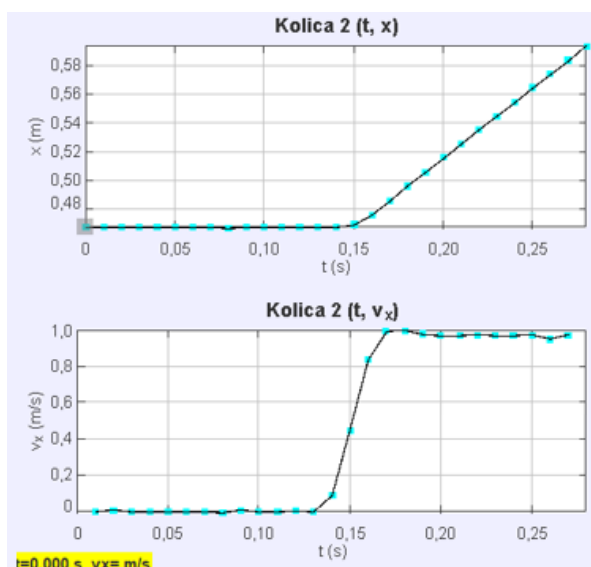
Sada imamo da su kolica koja miruju veće mase, odnosno dodali smo uteg mase 902 g. Što će se dogoditi ako ih sudarimo s kolicima manje mase?

$$p_{\text{prije}} = 0,262 \text{ Ns} \text{ i } p_{\text{nakon}} = 0,250 \text{ Ns.}$$



Pokus 3. Sudar kolica različitih masa (teža gibaju, lakša miruju)

Kao zadnji slučaj imamo teža kolica koja se sudaraju o lakša kolica koja miruju. Što će se dogoditi?



$p_{prije} = 1,656 \text{ Ns}$ i $p_{nakon} = 1,476 \text{ Ns}$.

Uočavamo kako je ukupna količina gibanja prije sudara približno jednaka količini gibanja poslije sudara. Razlike su se dogodile zbog: trenja, otpora zraka, greške u praćenju *Trackera* i zaokruživanja rezultata.

Zaključak: Zakon očuvanja količine gibanja: **U izoliranom je sustavu ukupna količina gibanja svih tijela stalna.** Drugim riječima zbroj količina gibanja prije sudara jednaka je zbroju količina gibanja nakon sudara. Formula:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

Zadatak za vježbu:

Kugla mase 2 kg sudari se brzinom od 2 m/s u kutiju mase 1 kg koja miruje. Nakon sudara kutija se giba brzinom 3 m/s. Kolika je brzina kugle nakon sudara

$$2 \text{ kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0 = 2 \text{ kg} \cdot v + 1 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$4 \text{ Ns} = 2 \text{ kg} \cdot v + 3 \text{ Ns}$$

$$2 \text{ kg} \cdot v = 1 \text{ Ns}$$

$$v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Završni dio

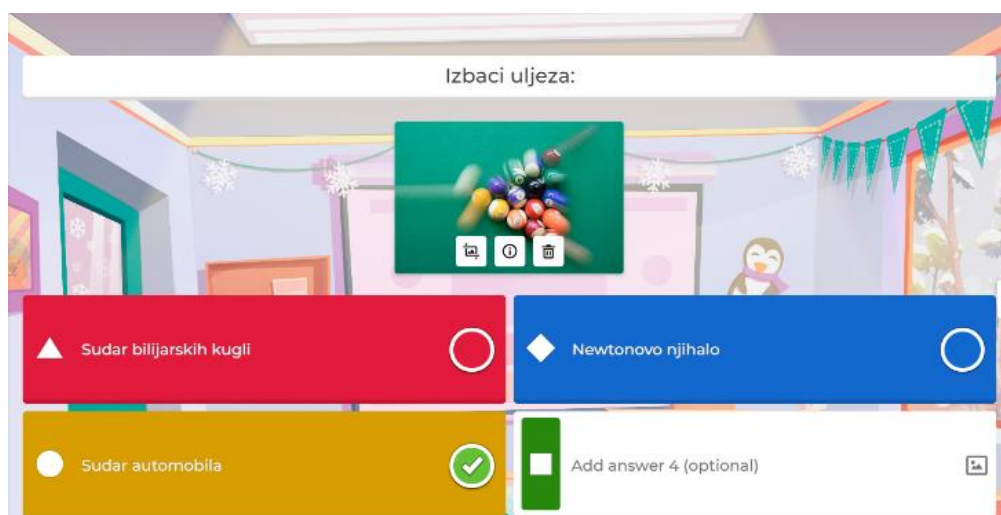
Za ponavljanje ćemo riješiti jedan *Kahoot* kviz. Kviz se sastoji od 3 pitanja. Samo je jedan točan odgovor po pitanju. Sretno.

Kahoot kviz:

Pitanje 1. Tvrdnja je točna.



Pitanje 2. Uljez je sudar automobila jer je to neelastičan sudar



Pitanje 3. Tvrdnja je netočna.

