



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



**Računski zadaci iz fizike iz nastavne teme
«Zakoni održanja u mehanici»
za srednje stručne škole**

- master rad -

Mentor:

prof. dr Maja Stojanović

Kandidat:

Klaudija Bašić Palković

Novi Sad, 2016.

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Zadaci u nastavi fizike	4
3. Tipovi i methodska uputstva za rešavanje računskih zadataka	6
4. Zakoni održanja u mehanici nastavnom planu i programu	11
5. Zakoni održanja u mehanici	13
5.1 Zakon održanja impulsa	13
5.2 Zakon održanja momenta impulsa	14
5.3 Zakon održanja energije	15
6. Računski zadaci	16
7. Analiza kontrolnih zadataka	32
8. Zaključak	37

1. Uvod

Cilj nastave fizike jeste da se osigura da svi učenici steknu bazičnu jezičku i naučnu pismenost i da napreduju ka realizaciji odgovarajućih Standarda obrazovnih postignuća, da se osposobe da rešavaju probleme i zadatke u novim i nepoznatim situacijama, da izraze i obrazlože svoje mišljenje i diskutuju sa drugima, razviju motivisanost za učenje i zainteresovanost za predmetne sadržaje, kao i da upoznaju prirodne pojave i osnovne zakone prirode i da se osposobe za uočavanje i raspoznavanje fizičkih pojava u svakodnevnom životu i radu.

Nastavni program fizike u srednjoj stručnoj školi nadovezuje se strukturno i sadržajno na nastavni program fizike u osnovnoj školi. Učenici treba da nauče osnovne pojmove i zakone fizike na osnovu kojih će razumeti pojave u prirodi i imati celovitu sliku o značaju i mestu fizike u obrazovanju, u struci i u životu uopšte. Program obuhvata uglavnom sadržaje iz klasične fizike, koji predstavljaju osnov za izučavanje stručnih predmeta. Pri tome je uzeto u obzir da klasična fizika proučava pojave koje su dostupne čulima pa se lakše mogu razumeti i prihvatiti, a imaju i veću primenu u svakodnevnoj praksi i struci.

U fizici je pored sticanja teorijskog znanja jako bitna i njegova praktična primena. Primena stečenog znanja u realnim situacijama je najbolji pokazatelj stepena i trajnosti stečenog znanja u datoj oblasti. Međutim, da bismo premostili put od sticanja do praktične primene znanja potrebna je posebna priprema. Dobar način za to je i rešavanje računskih zadataka u datoj oblasti.

U radu je ukazano na značaj zadataka u nastavi fizike. Izvršena je klasifikacija zadataka i dat je opšti metodički put za njihovo rešavanje. Takođe, dat je i teorijski uvod za nastavnu temu „Zakoni održanja u mehanici“ koja se obrađuje u prvom razredu srednje stručne škole. Prikazani su zadaci i metode rešavanja zadataka iz ove nastavne teme koja obuhvata: zakon održanja impulsa, zakon održanja momenta impulsa i zakon održanja energije. Navedeni su primeri rešenih zadataka iz ove oblasti koji u okviru odgovarajuće klasifikacije ilustruju dosledno sprovođenje pravila rešavanja zadataka. Pored toga predstavljeni su i rezultati i analiza pismene provere znanje učenika prvog razreda mađarskog odeljenja Politehničke škole u Subotici na smeru arhitektonski tehničar.

2. Zadaci u nastavi fizike

Stečeno znanje postaje naša svojina tek kada ga primenimo u konkretnim slučajevima u osvajanju novog saznanja ili praktično u svakodnevnom životu. Čisto teorijsko znanje je apstraktno, formalno i pasivno. Da bi ono postalo konkretno, aktivno i primenljivo, treba ga potkrepiti rešavanjem računskih zadataka, eksperimentima i laboratorijskim vežbama. Teorijsko znanje je samo prvi korak ka pravom znanju.

Nastava fizike ne određuje se samo kvantitetom i kvalitetom usvojenog znanja, nego i time koliko to znanje može da se primeni kako u ostvarivanju novih nastavnih ciljeva, tako i u rešavanju konkretnih problema i zadataka tehničke i praktične prirode. Primena znanja u konkretnim situacijama ne vrši se sama od sebe. Poznavanje fizičkih objekata, pojava i njihovih zakona je potreban, ali ne i dovoljan uslov. Neophodne su posebne pripreme. U ispunjavanju tih ciljeva, naročito značajno mesto i ulogu imaju zadaci u nastavi fizike. Rešavanje zadataka je nerazdvojiva komponenta nastave fizike bez koje bi znanje u ovoj nauci bilo prazno, apstraktno i dobrim delom formalno. Rešavanje zadataka je prilika da se teorijsko znanje ponovi, utvrdi, produbi i provereni. Korišćenjem pojmova i formula fizičkih veličina i zakona prilikom rešavanja zadataka, povećava se i trajnost znanja.

Naučiti učenike da rešavaju zadatke jedan je od glavnih i konačnih ciljeva nastave fizike. Osnovni cilj rešavanja zadataka jeste u tome da učenici dublje shvate fizičke veličine, zakone i teorije i njihovu primenu u rešavanju određenih problema. Nijedna formulacija ili formula ne može biti svesno usvojena sve dotle dok nije proverena i potvrđena kroz rešavanje konkretnih zadataka.

Rešavanje zadataka podstiče misaonu aktivnost i znatno doprinosi razvitku logičkog i kreativno-stvaralačkog mišljenja i usmerava učenike na samostalan rad, donošenje originalnih rešenja i zaključaka. Na taj način učenik se priprema i animira za samoinicijativno osvajanje znanja.

Zadaci u nastavi fizike imaju i druge funkcije i ciljeve. U toku njihovog rešavanja mogu da se uvode novi pojmovi, veličine; da se otkrivaju njihove veze i odnosi i na osnovu toga da se formulišu fizičke zakonitosti, da se izvedu formule, objasne i zapamte funkcionalne zavisnosti između fizičkih veličina, njihove definicije i brojne vrednosti, odgovarajuće dimenzije i merne jedinice; koriste se za ponavljanje i utvrđivanje pređenog gradiva, proveravanje i ocenjivanje, sistematizaciju i generalizaciju znanja itd.

Dakle, važno je raditi zadatke da bi se:

- ✓ čestim korišćenjem pojmova i formula utvrdilo znanje o fizičkim veličinama i zakonima i trajno se zapamtilo
- ✓ analizirajući postavljeni problem bolje uočavala povezanost pojava, čime se znanje produbljava, proširuje i postaje "kvalitetnije"
- ✓ rešavajući konkretne primere iz svakodnevne prakse sagledao značaj fizike i potreba za njenim učenjem
- ✓ razvijala sposobnost da se misli, povezuje, zaključuje, što je bitno ne samo u fizici nego i u svakoj životnoj situaciji
- ✓ osposobljavalo se za samostalan rad i samostalnim radom isticala i razvijala sopstvena originalnost
- ✓ uspešnim rešavanjem težih zadataka steklo samopouzdanje, zavolela fizika i pozeleo rad i napredak izvan zahteva obaveznog školskog programa.

3. Tipovi i metoda uputstva za rešavanje računskih zadataka

Postoje razne osnove i kriterijumi po kojima se zadaci u nastavi fizike mogu podeliti. Zavisno od toga što se uzima kao osnova, mogu se prihvatiti klasifikacije prema stepenu složenosti, metodama rešavanja, postavljenom cilju, sadržaju itd. Nijedna od tih klasifikacija zadataka nije do kraja dosledna, pošto ponekad jedan te isti zadatak može da bude zavisno od osnovne i kriterijuma tipizacije uvršćen u različite grupe zadataka.

Prvo će se razmotriti moguća podela zadataka prema stepenu složenosti, po kome se zadaci dele na jednostavne, trening zadatke I, II i III nivoa, zadaci za dobijanje novih znanja i najsloženiji zadaci.

Jednostavni zadaci – Obično služe za utvrđivanje uvedenih teorijskih pojmova, veličina i zakona. Na osnovu gotovih formula (jednostavnom zamenom zadatah podataka) dobijaju se vrednosti za pojedine veličine.

Trening-zadaci prvog nivoa – Nezavisno što rešavanje takvih zadataka zahteva reprodukovanje već pređenog gradiva, oni su neophodni kao neka početna etapa u procesu usvajanja izloženog nastavnog gradiva (prvi nivo usvojenog znanja).

Trening-zadaci drugog nivoa – Njihovo rešavanje zahteva analizu određene fizičke situacije, poimanje toga kakve fizičke veličine i zakonitosti karakterišu datu pojavu. Takvi zadaci usmeravaju se ne samo na pamćene nego i na produktivno mišljenje; oni zahtevaju od učenika neku samostalnu modifikaciju znanja primenjujući ga u konkretnim uslovima postavljenog zadatka. Ovi zadaci omogućavaju produbljivanje znanja i njegovu primenu u konkretnim praktičnim situacijama (drugi nivo usvojenog znanja).

Trening-zadaci trećeg nivoa – Oni se mogu rešavati neposredno na osnovu znanja koje je dobijeno na nastavnim časovima fizike. Do njihovog konačnog rešenja može da se dođe na osnovu određenih uporednih analiza, analogija i sličnosti sa onim što je već poznato. Rešavanje takve vrste zadataka od učenika zahteva da samostalno promišljaju, rasuđuju i donose određene zaključke (treći nivo usvojenog znanja).

Zadaci za dobijanje novih znanja – Mogu da budu formulisani u obliku pitanja ili računskog zadatka. Odgovor ili rešenje podrazumeva uvođenje novih pojmova, veličina.

Najsloženiji zadaci – Ovu grupu sačinjavaju zadaci u kojima se najviše ispoljava učenikovo logično i kreativno-stvaralačko mišljenje. U tim zadacima se rešavaju složenija pitanja iz oblasti nastave, kao i problemi praktičnog sadržaja koji izlaze iz

okvira redovne nastave. Vreme njihovog rešavanja nije strogo određeno (nedelja, petnaest dana, mesec dana). Mogu se dati u formi nagradnog konkursa.

Prema metodama rešavanja, zadaci u nastavi fizike dele se na tri osnovne grupe: tekstualni, grafički i eksperimentalni zadaci.

Tekstualni zadaci – Obuhvataju kvantitativne (računske) i kvalitativne zadatke (zadaci – pitanja).

a) Kvantitativni zadaci – U nastavi fizike najviše su zastupljeni kvantitativni (računski) zadaci. Rešavaju se na svim nivoima nastave fizike, i to u okviru redovne nastave i u formi domaćih zadataka.

U postupku rešavanja kvantitativnih (računskih) zadataka iz fizike, u zadatku prvo treba na pravi način sagledati i razumeti zahteve i fizičke sadržaje, pa tek posle toga preći na matematičko formulisanje i izračunavanje. Naime, rešavanje zadataka odvija se kroz tri etape: fizička analiza zadatka, matematičko izračunavanje i diskusija rezultata. U prvoj etapi uočavaju se fizičke pojave na koje se odnosi zadatak, a zatim se nabrajaju i rečima iskazuju zakoni po kojima se pojave odvijaju. U drugoj etapi se, na osnovu matematičke forme zakona, izračunava vrednost tražene veličine. U trećoj etapi traži se fizičko tumačenje dobijenog rezultata. Tek ako se od učenika dobije korektan odgovor, nastavnik može da bude siguran da je sa svojim učenicima zadatak rešavao na pravi način.

Obično se karakteristični primeri obrađuju na nastavnom času ili se zadaju u svojstvu domaćih zadataka. Složeniji zadaci, čije rešavanje uključuje primenu većeg broja zakona i formula iz raznih oblasti fizike, veoma su pogodni za uopštavanje i sistematizaciju usvojenog znanja, za produblјivanje znanja i proširivanje predstava o fizičkim veličinama i zakonima. Ovi zadaci koriste se i za povezivanje novih sadržaja s ranije izučenim gradivom ili pojedinih oblasti fizike s drugim prirodnim naukama.

Pravilan izbor kvantitativnih zadataka i njihova klasifikacija po stepenu složenosti (u početku se rešavaju najjednostavniji, pa onda složeniji zadaci), imaju naročito značenje u nastavi fizike. Oni moraju biti odabrani tako da odražavaju fizičku suštinu programskih sadržaja. Matematičke operacije ne smeju da zamaglјuju fizički smisao problema.

Opšte metodsko uputstvo za rešavanje kvantitativnih (računskih) zadataka moglo bi da izgleda ovako: pažljivo čitanje postavke zadatka, zapisivanje zadatah podataka, pravljenje skice, crteža, analiza fizičkog sadržaja zadataka, iznalaženje metoda (puta) rešavanja, sastavljanje plana rešavanja, rešavanje u opštem obliku, uvrštavanje brojnih podataka u dobijene formule, analiza rezultata, provera rešenja i uopštavanje nađenih rezultata. Naravno, sve nabrojane etape nisu neophodne, naročito u slučaju rešavanja jednostavnijih zadataka.

Posebnu pažnju treba pokloniti proveri dobijenog rezultata (rešenja, odgovora). Pre svega, neophodno je proceniti realnost rezultata, da li protivureči zdravom razumu. Provera rezultata može da se izvrši i utvrđivanjem dimenzionalne jednakosti leve i desne strane.

b) Kvalitativni zadaci (zadaci – pitanja) – to su takvi zadaci čije rešavanje ne zahteva matematičke operacije, proračune, već se na osnovu prethodno usvojeno znanje, daju objašnjenja nekih fenomena, pojava.

c) Zadaci s tehničkim sadržajem – U nastavi fizike značajnu ulogu imaju i zadaci iz raznih oblasti tehnike, koji znatno doprinose podizanju nivoa politehničkog obrazovanja, tehničke i radne kulture uopšte. Zadaci, tehničko-proizvodnog sadržaja imaju cilj da učenici upoznaju tehničke i radne karakteristike raznih uređaja, instrumenata, mašina i tehničkih sistema.

Jedan od oblika rada sa učenicima su i *domaći zadaci*. Nastavnik planira domaće zadatke u svojoj redovnoj pripremi za čas. Prilikom odabira zadataka, neophodno je težinu zadatka prilagoditi mogućnostima prosečnog učenika i dati samo one zadatke koje učenici mogu da reše bez tuđe pomoći. Domaći zadaci odnose se na gradivo koje je obrađeno neposredno na času (1-2 zadatak) i na povezivanje ovog gradiva sa prethodnim (1 zadatak). Analiza rešenih zadataka vrši se na prvom sledećem času, kako bi učenici dobili povratnu informaciju o uspešnosti svog samostalnog rada i na taj način utvrdili grešku u izradi i otklonili nejasno i nenaučeno.

Grafički zadaci – Određuju funkcionalne zavisnosti među veličinama koje karakterišu objekte, pojave. Na osnovu funkcionalne zavisnosti među veličinama definišu se uzajamne veze među objektima i pojavama. Grafička predstava funkcionalne zavisnosti je veoma očigledna i pristupačna za analizu.

Eksperimentalni zadaci – Izuzetno veliku misaonu aktivnost, praktičnu veštinu, umenje i samostalnost u radu iskazuju učenici pri rešavanju eksperimentalnih zadataka. Ova vrsta zadataka još uvek nema odgovarajuće mesto u sadašnjoj nastavi fizike, jer nema odgovarajuće opreme u većini škola.

Pri proučavanju svake teme u nastavi fizike planiraju se odgovarajući demonstracioni ogledi, laboratorijski radovi i drugi vidovi nastavnog rada. Uporedno s tim predviđa se i rešavanje zadataka, bez kojih bi nastava fizike bila mnogo siromašnija.

Svaka tema u nastavi fizike treba da bude obrađena kroz izradu zadataka. Koji će tipovi zadataka biti rešavani zavisi od sadržaja same teme. Zadaci treba da budu prilagođeni ciljevima i izabranoj metodici nastave. Obično se započinje s rešavanjem kvalitativnih zadataka (zadaci – pitanja) i sa jednostavnijim kvantitativnim (računskim)

zadacima (prosto zamenjivanje podataka u osnovne formule). Ne isključuje se ni njihovo kombinovanje. Zatim sledi rešavanje složenijih računskih, eksperimentalnih i drugih zadataka. U takvom redosledu postepeno se povećava broj veza među veličinama i pojmovima, koji karakterišu date fizičke objekte, pojave. Najsloženiji kombinovani zadaci i zadaci s tehničkim i praktičnim sadržajima čine završnu fazu u obradi date teme, odnosno tematske celine.

Zadaci u nastavi fizike treba da budu tako izabrani da svaki od njih daje određen doprinos u dopunjavanju i razjašnjavanju nastavnih sadržaja, da produbljuje i konkretizuje veze među veličinama i otkriva neke nove odnose i momente, koji nisu bili dovoljno osvetljeni u drugim oblicima nastavnog rada i, najzad, da odigra određenu ulogu u približavanju nastavnih sadržaja fizike s praksom, životom.

U metodici nastave fizike posebno se ističu analitički i sintetički metodi rešavanja zadataka. Ukazuje se na ravnopravnost ta dva metoda, kao i na to da se oni u „čistom“ pojedinačnom obliku uglavnom ne koriste. Obično se primenjuju istovremeno, pošto se u procesu mišljenja analiza i sinteza ne mogu razdvajati. Pri sintetičkom metodu rešavanja zadataka prisutni su i elementi analize, makar u implicitnom „skrivenom“ obliku. I obrnuto, analitički metod bez sinteze ne može da dovede do rešenja zadatka. Ovo ne negira dominaciju jednog od tih metoda u određenoj fazi izrade zadatka ili vrste zadatka.

Analitički metod podrazumeva raščlanjivanje složenog zadatka na jednostavne elemente, pri čemu rešavanje započinje traženjem zakonitosti koja daje neposredni odgovor na određeno pitanje. Sintetički metod rešavanja oslanja se na rezultate dobijene pri analizi. Postupak rešavanja razvija se postepeno, dok se ne dobije formula u koju se mogu uvrstiti zadaci podaci i dobiti vrednosti traženih veličina. Očigledno, da prethodno nije bila izvršena analiza, ne bi se mogla primeniti sinteza u rešavanju zadatka.

Rešavanje zadatka započinje s izučavanjem uslova, kratkim zapisom podataka pomoću odgovarajućih simbola. Zatim sledi analiza fizičkih objekata, pojava i njihovih zakona, obuhvaćenih sadržajem zadatka. U rešavanju zadatka, analizi njihovog sadržaja veliku pomoć pružaju skice, crteži, šeme i dijagrami. Grafičke ilustracije približavaju problem, čine ga očiglednijim i otkrivaju neke „skrivenne“ momente koji se neposredno ne uočavaju. One na taj način ukazuju na moguće puteve rešavanja zadatka. Grafički prilozi doprinose i sticanju određenih navika, veština i umenja. Izostavljanje crteža, skica i šema, često dovodi do toga da se zadatak rešava formalno bez dubljeg ulaženja u fizičku suštinu problema. Formalizam dolazi do izražaja i kada se umesto postupne analize fizičke situacije, u gotove formule unose podaci fizičkih veličina. Grafičke ilustracije, primena odgovarajućih simbola i indeksa pri zapisivanju uslova zadatka, dakle, znatno doprinose, upravo, izbegavanju tog formalizma.

Na osnovu analize uslova zadatka i odgovarajućih grafičkih ilustracija, otkrivaju se zakoni, formule i pravila kojima se određuje data pojava, proces. Zatim sledi sastavljanje jednačina koje sadrže poznate i nepoznate veličine. U slučaju da ih ima manje nego nepoznatih veličina, traže se dopunske jednačine, što omogućava konačno rešavanje postavljenog zadatka.

U završnoj fazi analiziraju se dobijeni rezultati i pokušavaju njihova uopštavanja. Posebno treba obratiti pažnju na realnost dobijenog rezultata, odnosno da ne „prođu“ paradoksalne vrednosti fizičkih veličina. Nije redak slučaj da se dobiju rezultati koji „više“ u vazduhu. Takva rešenja zahtevaju dodatni komentar.

U toku rešavanja zadatka treba koristiti opšte simbole, tako da se rešenje dobija u opštem obliku, a tek onda unositi brojne vrednosti veličina i konstanti i sprovesti odgovarajuće proračune.

4. Zakoni održanja u mehanici nastavnom planu i programu

Kako je tema ovog rada izrada računskih zadataka iz nastavne teme *Zakoni održanja u mehanici*, dat je deo nastavnog plana, za prvi razred srednje stručne škole smer arhitektonski tehničar, koji pokriva ovu nastavnu temu (Tabela 1.). Ovaj obrazovni profil ima fiziku u prvom i drugom razredu sa 2 časa nedeljno.

Nastavna tema *Zakoni održanja u mehanici* zastupljena je sa 9 časova, od kojih je 4 časa predviđeno za obradu novog gradiva, a 5 časova je namenjeno za ostale oblike rada. Na kraju obrađene teme radi se pismena provera znanja koja obuhvata srazmeran broj kvantitativnih zadataka.

Literatura koja se uglavnom koristi su preporučeni udžbenik i prateća zbirka zadataka, koju nastavnik koristi po izboru.

Tabela 1: Zakoni održanja u mehanici - deo nastavnog plana iz fizike za prvi razred smera arhitektonski tehničar

Broj časa	Nastavna jedinica	Tip časa	Oblik rada	Nastavne metode	Mesto rada i nastavna sredstva
1.	Opšti karakter zakona održanja	obrada	frontalni, individualni	monološka	učionica, tabla,
2.	Zakon održanja impulsa	obrada	frontalni, individualni	monološka, dijaloška	učionica, tabla
3.	Računski zadaci	utvrđivanje	frontalni, individualni	dijaloška, tekstualna	učionica, tabla
4.	Zakon održanja momenta impulsa	obrada	frontalni, individualni	monološka, dijaloška	učionica, tabla
5.	Računski zadaci	utvrđivanje	frontalni, individualni	dijaloška, tekstualna	učionica, tabla
6.	Zakon održanja energije	obrada	frontalni, individualni	monološka, dijaloška	učionica, tabla
7.	Računski zadaci	utvrđivanje	frontalni, individualni	dijaloška, tekstualna	učionica, tabla
8.	Ponavljjanje gradiva	utvrđivanje, sistematizacija	frontalni, individualni	dijaloška	učionica, tabla
9.	Kontrolni zadatak	proveravanje	frontalni, individualni	dijaloška, pisani radovi	učionica, tabla, štampani kontrolni zadaci

Operativni ciljevi:

Učenici treba da:

- razumeju pojam izolovanog sistema
- formulišu opšti oblik zakona održanja,
- znaju zakon održanja impulsa
- znaju zakon održanja momenta impulsa
- znaju zakon održanja energije
- razumeju pojam sudara, apsolutno elastičnog i apsolutno neelastičnog sudara
- primenjuju zakon održanja impulsa kod analize reaktivnog kretanja
- primenjuju zakon održanja impulsa u rešavanju zadataka različitih složenosti
- rešavaju računске zadatke i prepoznaju primere u kojima figurišu zakon održanja impulsa i zakon održanja energije

Aktivnosti:

- učenici slušaju izlaganje i beleže osnovne pojmove
- koristeći literaturu pronalaze zanimljive zadatke i samostalno ili uz pomoć nastavnika ih rešavaju

Ishodi:

- po završetku teme učenik će biti u stanju da:
- poznaje suštinu zakona održanja,
- objasni njihovu primenjivost u oblastima fizike
- rešava zadatke primenom ovih zakona.

5. Zakoni održanja u mehanici

Među svim fizičkim zakonima najvažniji su zakoni održanja. Skupu ovih zakona pripadaju zakoni održanja impulsa, momenta impulsa, energije, naelektrisanja.

Zakoni održanja važe unutar fizičkih sistema. Pod fizičkim sistemom podrazumevamo skup od dva ili više tela koja uzajamno deluju. Sile kojima uzajamno deluju tela zovemo unutrašnjim silama. Spoljašnje sile su sile kojima okolina deluje na sistem, ili na pojedina tela sistema. Fizički sistem je izolovan ako je moguće zanemariti ili ukloniti spoljašnje sile ili ako je rezultanta delovanja spoljašnjih sila jednaka nuli.

Zajednički fizički sadržaj svih zakona održanja može da se iskaže na sledeći način: postoje fizičke veličine (impuls, moment impulsa, energija itd.) koje se za izolovan sistem kao celinu ne menjaju, bez obzira na fizičke, hemijske i druge procese koji se dešavaju u sistemu. Drugim rečima, ukupan impuls datog sistema, ili njegova energija održavaju se, ne menjaju se, tokom vremena.

Nemoguć je bilo koji proces koji bi u izolovanom fizičkom sistemu doveo do promene ukupne energije, impulsa, momenta impulsa i naelektrisanja. Treba uočiti da su neke od veličina koje se održavaju (energija) skalari, dok su druge (impuls) vektori. Kod skalarnih veličina održava se njihova brojna vrednost, a kod vektorskih – pored brojne vrednosti održavaju se još i njihov pravac i smer.

5.1 Zakon održanja impulsa

Impuls je vektorska veličina jednaka proizvodu mase i brzine tela:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (1)$$

Ako se fizički sistem sastoji iz dva ili više tela, ukupani impuls sistema jednak je vektorskom zbiru impulsa svih delova sistema:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + m_3 \cdot \vec{v}_3 + \dots \quad (2)$$

U izolovanom sistemu važi zakon održanja impulsa, koji se može izraziti na sledeći način:

Ukupan impuls sistema na koji ne deluju spoljašnje sile ne menja se tokom vremena,

$$\Delta \vec{p} = 0. \quad (3)$$

Pod dejstvom unutrašnjih sila menjaju se impulsi pojedinih delova sistema. Održava se samo vektorski zbir impulsa svih sastavnih delova sistema – impuls celoga sistema.

5.2 Zakon održanja momenta impulsa

Moment impulsa je vektorska veličina jednaka proizvodu momenta inercije i ugaone brzine tela:

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}. \quad (4)$$

Moment impulsa imaju ne samo tela koja rotiraju, već i tela koja se kreću po kružnici.

Telo koje rotira ili sistem sastavljen od više tela koja rotiraju, moment impulsa se izračunava na taj način što se telo podeli na veliki broj malih delova. Zatim se odredi moment impulsa svih tih delića, a njihov vektorski zbir je moment impulsa tela kao celine. Ukupni moment impulsa sistema jednak je vektorskom zbiru momenta impulsa svih delova sistema:

$$\vec{L} = \vec{L}_1 + \vec{L}_2 + \vec{L}_3 + \dots \quad (5)$$

Ako na sistema ne deluju spoljašnje sile ukupni moment impulsa sistema se ne menja u toku vremena:

$$\vec{L} = const. \quad (6)$$

5.3 Zakon održanja energije

Kinetička energija (energija kretanja):

$$E_K = \frac{m \cdot v^2}{2}. \quad (7)$$

Potencijalna energija (energija položaja):

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (8)$$

Zbir kinetičke i potencijalne energije posmatranog sistema naziva se ukupna energija tog sistema:

$$E = E_p + E_K. \quad (9)$$

Kada sastavni delovi izolovanog sistema uzajamno deluju, njihovi relativni položaji i brzine se menjaju: menjaju se njihove potencijalne i kinetičke energije, ali na takav način da zbir svih potencijalnih i kinetičkih energija ostaje stalan u vremenu. Na taj način zakon održanja ukupne energije postavlja određena ograničenja na kretanje delova datog sistema. Zato se primenom zakona održanja energije može odrediti kretanje tela sa istim rezultatom koji daje i direktna primena osnovnih zakona dinamike.

6. Računski zadaci

Prvu grupu zadataka čine zadaci u kojima se do traženog rešenja dolazi uvrštavanjem brojnih vrednosti u poznati obrazac (formulu) koji povezuje date i tražene fizičke veličine. Ovakav tip zadataka se najčešće koristi za ponavljanje gradiva.

1. Iz jedne puške, mase 6,5 kg, ispaljen je metak mase 6 g brzinom 500 m/s. Kolika je brzina uzmaka puške?

$$m_1 = 6,5 \text{ kg}$$

$$m_2 = 6 \text{ g} = 0,006 \text{ kg}$$

$$v_2 = 500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_1 = ?$$

U ovom zadatku primenjuje se zakon održanja impulsa.

Impuls puške je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Impuls metka je : $p_2 = m_2 \cdot v_2$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

$$v_1 = \frac{m_2 \cdot v_2}{m_1}$$

$$v_1 = \frac{0,006 \text{ kg} \cdot 500 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,5 \text{ kg}}$$

$$v_1 = 0,46 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u jednostavne zadatke, proverava se da li su učenici savladali osnovne formule za impuls i zakon održanja impulsa.

2. Čamac mase 240 kg ima stalnu brzinu 2 m/s. U čamcu stoji čovek mase 60 kg. Kojom brzinom treba čovek da iskoči iz čamca, da bi se čamac zaustavio?

$$m_1 = 240 \text{ kg}$$

$$v_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 60 \text{ kg}$$

$$v_2 = ?$$

Za rešavanje ovog zadatka primenjuje se zakon održanja impulsa čamca i čoveka.

Impuls čamca je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Impuls čoveka je: $p_2 = m_2 \cdot v_2$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_2}$$

$$v_2 = \frac{240 \text{ kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{600 \text{ kg}}$$

$$v_2 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovaj zadatak spada takođe u kategoriju jednostavnih zadataka kojim se proverava da li su učenici znaju da primene zakon održanja impulsa.

3. Čovek se nalazi na glatkoj platformi koja rotira ugaonom brzinom 6,28 rad/s i u šakama drži tegove. Moment inercije sistema čovek, tegovi i platforma, u odnosu na osu rotacije, iznosi 6 kgm². U jednom trenutku, čovek pusti ruke i moment inercije sistema se smanji na 2 kgm². Kolika će tada biti ugaona brzina čoveka?

$$\omega_1 = 6,28 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$I_1 = 6 \text{ kgm}^2$$

$$I_2 = 2 \text{ kgm}^2$$

$$\omega_2 = ?$$

U cilju rešavanja ovog zadatka učenici treba da primene zakon održanja momenta impulsa, gde je:

L_1 - je moment impulsa sistema čovek, tegovi i platforma, kad čovek drži tegove.

L_2 - je moment impulsa sistema čovek, tegovi i platforma, kad čovek spusti tegove.

$$L_1 = L_2$$

$$I_1 \cdot \omega_1 = I_2 \cdot \omega_2$$

$$\omega_2 = \frac{I_1 \cdot \omega_1}{I_2}$$

$$\omega_2 = \frac{6 \text{ kgm}^2 \cdot 6,28 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{2 \text{ kgm}^2}$$

$$\omega_2 = 18,84 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u jednostavnije zadatke, proverava se da li su učenici savladali osnovne formule za zakon održanja momenta impulsa.

4. Pčela se nalazi na jednom kraju štapića, mase 4,75 g, koji pliva u posudi sa vodom. Pčela je u jednom trenutku počela da se kreće ka drugom kraju štapića brzinom 3,8 cm/s u odnosu na vodu. Ako je brzina štapića 0,12 cm/s, odrediti masu pčele.

$$m_2 = 4,75 \text{ g}$$

$$v_1 = 3,8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$v_2 = 0,12 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$m_1 = ?$$

U ovom zadatku se pišu izrazi za impuls pčele i impuls štapića, a zatim se primenjuje zakon održanja impulsa.

$$\text{Impuls pčele je: } p_1 = m_1 \cdot v_1 \cdot$$

$$\text{Impuls štapića je: } p_2 = m_2 \cdot v_2 \cdot$$

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

$$m_1 = \frac{m_2 \cdot v_2}{v_1}$$

$$m_1 = \frac{4,75g \cdot 0,12 \frac{cm}{s}}{3,8 \frac{cm}{s}}$$

$$m_1 = 0,15g$$

Ovaj zadatak takođe spada u jednostavnije i kod učenika se proverava da li su savladali osnovne formule za zakon održanja impulsa.

5. Čovek mase 70 kg stoji u čamcu, mase 280 kg, u mirnoj vodi na jezeru. Odrediti brzinu čamca, ako čovek počne da se kreće stalnom brzinom 2 m/s u čamcu.

$$m_1 = 70 \text{ kg}$$

$$m_2 = 280 \text{ kg}$$

$$v_1 = 2 \frac{m}{s}$$

$$v_2 = ?$$

Za rešavanje ovog zadatka neophodno je napisati impuls čoveka i impils čamca, a potom primeniti zakon održanja.

Impuls čoveka je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Impuls čamca je: $p_2 = m_2 \cdot v_2$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_2}$$

$$v_2 = \frac{70 \text{ kg} \cdot 2 \frac{m}{s}}{280 \text{ kg}}$$

$$v_2 = 0,5 \frac{m}{s}$$

I ovaj zadatak spada u kategoriju jednostavnijih zadataka i proverava se da li su učenici savladali osnovne formule za zakon održanja impulsa.

6. Neki kamion mase 6000 kg kreće se na putu brzinom 10 m/s. U susret mu dolazi drugi kamion dvaput veće mase. Kolika treba da bude brzina drugog kamiona da bi prilikom sudara oba kamiona ostala na mestu sudara?

$$m_1 = 6000 \text{ kg}$$

$$v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 2 \cdot m_1 = 12000 \text{ kg}$$

$$v_2 = ?$$

Impuls kamiona mase m_1 je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Impuls kamiona mase m_2 je: $p_2 = m_2 \cdot v_2$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_2}$$

$$v_2 = \frac{6000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{12000 \text{ kg}}$$

$$v_2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u jednostavnije zadatke, proverava se da li su učenici savladali osnovne formule za zakon održanja impulsa.

Drugu grupu zadataka čine trening zadaci I, II i III nivoa. Ovde se od učenika očekuje logičko razmišljanje i upotreba minimalno dve ili više formule za rešavanje zadataka.

7. Automobil mase 1000 kg ide brzinom 72 km/h i udari u drugi automobil mase 3000 kg koji ide ispred njega brzinom 36 km/h. Kojom brzinom će se ovi automobili kretati posle sudara (ako je sudar neelastičan)?

$$m_1 = 1000 \text{ kg}$$

$$v_1 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 3000 \text{ kg}$$

$$v_2 = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = ?$$

U ovom zadatku se primenjuje zakon održanja impulsa.

Automobil mase m_1 ima impuls: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Automobil mase m_2 ima impuls: $p_2 = m_2 \cdot v_2$.

Posle sudara, ukupan impuls sistema automobila je:

$$p_3 = (m_1 + m_2) \cdot v_3$$

$$p_1 + p_2 = p_3$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_3$$

$$v_3 = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_3 = \frac{1000 \text{ kg} \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 3000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1000 \text{ kg} + 3000 \text{ kg}}$$

$$v_3 = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovaj zadatak spada u trening zadatke I nivoa, gde se proverava da li učenici znaju da primene zakon održanja impulsa kod neelastičnog sudara, u ovom slučaju dva automobila.

8. Čovek od 60 kg, koji trči po šinama brzinom 6 m/s, skoči na kolica od 30 kg koja stoje na šinama i ostane na njima. Kojom će se brzinom kolica kretati po šinama?

$$m_1 = 60 \text{ kg}$$

$$v_1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 30 \text{ kg}$$

$$v_2 = 0$$

$$v_3 = ?$$

U ovom zadatku se primenjuje zakon održanja impulsa.

Impuls čoveka je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Impuls sistema (čovek+kolica) je: $p_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_3$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_3$$

$$v_3 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v_3 = \frac{60 \text{ kg} \cdot 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60 \text{ kg} + 30 \text{ kg}}$$

$$v_3 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke I nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuju zakon održanja impulsa u složenom sistemu.

9. Lokomotiva mase 30 t, kreće se brzinom 2 m/s do trenutka spajanja sa vagonom koji je u stanju mirovanja. Masa vagona je 12 t. Kolikom brzinom će se kretati lokomotiva i vagon posle spajanja?

$$m_1 = 30 \text{ t} = 30000 \text{ kg}$$

$$v_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 12 \text{ t} = 12000 \text{ kg}$$

$$v_2 = ?$$

U zadatku se primenjuje zakon održanja impulsa.

Impuls lokomotive pre spajanja je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$.

Impuls lokomotive i vagona posle spajanja: $p_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_2$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v_2 = \frac{30000 \text{ kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{30000 \text{ kg} + 12000 \text{ kg}}$$

$$v_2 = 1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovaj zadatak takođe spada u trening zadatke I nivoa, kojim se proverava da li učenici prepoznaju primenu zakona održanja impulsa pre i posle spajanja lokomotive i vagona.

10. Lokomotiva mase 6 t kreće se brzinom 8 m/s i sudara se sa vagonom koji miruje.

Kolika je masa vagona, ako nakon sudara oni se kreću zajedno sa brzinom 4 m/s?

$$m_1 = 6 \text{ t} = 6000 \text{ kg}$$

$$v_1 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = ?$$

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v_2 + m_2 \cdot v_2$$

$$m_2 = \frac{m_1 \cdot v_1 - m_1 \cdot v_2}{v_2}$$

$$m_2 = 6000 \text{ kg}$$

Ovim zadatakom, koji spada u trening zadatke I nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuju zakon održanja impulsa kod neelastičnog sudara vagona i lokomotive.

11. Telo mase 20 kg padne sa visine 10 m. Kolika je kinetička energija i brzina u trenutku pada na zemlju, ako je telo počelo da pada iz stanja mirovanja?

$$m = 20 \text{ kg}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E_K = ?$$

$$v = ?$$

U ovom zadatku se primenjuje zakon održanja energije.

Telo u početku ima samo potencijalnu energiju, jer pada sa određene visine bez početne brzine: $E_p = m \cdot g \cdot h$.

Telo kada pada na zemlju ima samo kinetičku energiju, jer više nema visine:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

Na osnovu zakona održanja energije početna potencijalna energija je jednaka kinetičkoj energiji pri padu na zemlju.

$$E_p = E_k$$

$$m \cdot g \cdot h = E_k$$

$$E_k = 20 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m}$$

$$E_k = 1962 \text{ J}$$

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1962 \text{ J}}{20 \text{ kg}}}$$

$$v = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovaj zadatak spada u trening zadatke II nivoa i omogućava proveru da li učenici znaju da primene zakon održanja energije pri slobodnom padu tela.

12. U obešenu vreću sa peskom mase 5 kg udara puščani metak mase 10 g. Pri tome se vreća podigne na visinu od 10 cm. Odrediti brzinu metka u trenutku udara.

$$m_1 = 5 \text{ kg}$$

$$m_2 = 10 \text{ g} = 0,01 \text{ kg}$$

$$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$v_2 = ?$$

U zadatku se primenjuje zakon održanja impulsa.

Impuls vreće je: $p_1 = m_1 \cdot v_1$. Brzina vreće se računa formulom $v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

Impuls metka je: $p_2 = m_2 \cdot v_2$.

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = m_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v_2 = \frac{5 \text{ kg}}{0,01 \text{ kg}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1 \text{ m}}$$

$$v_2 = 700,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke II nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuvaju zakon održanja impulsa. Osim toga, oni treba da prepoznaju da se brzina vreće može izračunati iz formule za slobodan pad.

13. Kolica od 20 kg kreću se brzinom od 4 m/s. u jednom trenutku čovek mase 60 kg iskoči iz kolica. Kada je dodirnuo Zemlju njegova brzina u odnosu na Zemlju bila je jednaka nuli. Kolika je brzina kolica posle iskakanja čoveka?

$$m_1 = 20 \text{ kg}$$

$$v_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 60 \text{ kg}$$

$$v_2 = 0$$

$$v_3 = ?$$

Impuls sistema kolica i čovek je: $p_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_1$.

Impuls čoveka kad je dodirnuo Zemlju je: $p_2 = 0$.

Impuls kolica posle iskakanja čoveka je: $p_3 = m_1 \cdot v_3$.

$$p_1 = p_2 + p_3$$

$$p_1 = p_3$$

$$(m_1 + m_2) \cdot v_1 = m_1 \cdot v_3$$

$$v_3 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v_1}{m_1}$$

$$v_3 = \frac{(20 \text{ kg} + 60 \text{ kg}) \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{20 \text{ kg}}$$

$$v_3 = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke II nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuju zakon održanja impulsa. Osim toga, oni treba da prepoznaju da ako je brzina tela nula telo nema impuls.

14. Proton koji se kreće brzinom od 10^7 m/s, sudara se sa nepokretnim atomom helijuma. Pri tome proton se odbija unazad brzinom od $6 \cdot 10^6$ m/s, dok se helijumov atom pokrene unapred brzinom $4 \cdot 10^6$ m/s. Izračunati masu helijumovog atoma.

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$v_p = 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_p^1 = 6 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{He} = 4 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_{He} = ?$$

Pre sudara proton ima impuls: $p_p = m_p \cdot v_p$.

Posle sudara, proton ima impuls: $p_p^1 = -m_p \cdot v_p^1$. Znak minus je zbog promene smera brzine.

Helijumov atom ima impuls samo posle sudara: $p_{He} = m_{He} \cdot v_{He}$.

$$\begin{aligned}
p_p &= p_p^1 + p_{He} \\
m_p \cdot v_p &= -m_p \cdot v_p^1 + m_{He} \cdot v_{He} \\
m_{He} &= \frac{m_p \cdot v_p + m_p \cdot v_p^1}{v_{He}} \\
m_{He} &= \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \left(10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 6 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{4 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\
m_{He} &= 6,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}
\end{aligned}$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke II nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuju zakon održanja impulsa kod apsolutno elastičnog sudara. Učenici treba da obrate pažnju na smer brzine protona nakon sudara i da uoče da se zbog toga javlja negativan predznak u formuli za impuls protona nakon sudara.

15. Granata koja leti po horizontalnoj putanji brzinom 10 m/s raspala se na dva dela ($m_1=1\text{kg}$, $m_2=1,5\text{kg}$). Veći komad nastavio je da se kreće po horizontalnoj putanji u istom smeru, a brzina mu je porasla na 25 m/s. Odrediti brzinu i smer kretanja manjeg komada.

$$\begin{aligned}
v_1 &= 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
m_1 &= 1 \text{ kg} \\
m_2 &= 1,5 \text{ kg} \\
v_2 &= 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
v_3 &= ?
\end{aligned}$$

U zadatku imamo raspad granate, primenjuje zakona održanja impulsa.

Impuls granate pre raspada: $p_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_1$.

Impuls granate posle raspada: $p_2 = m_2 \cdot v_2 + m_1 \cdot v_3$.

$$\begin{aligned}
p_1 &= p_2 \\
(m_1 + m_2) \cdot v_1 &= m_2 \cdot v_2 + m_1 \cdot v_3 \\
v_3 &= \frac{(m_1 + m_2) \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2}{m_1} \\
v_3 &= -12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}
\end{aligned}$$

Ovaj zadatak spada u trening zadatke II nivoa. Negativan predznak konačnog rešenja za brzinu ukazuje da manji komad granate, nakon raspada, ima smer kretanja suprotan od prvobitnog.

16. Na ivici horizontalne platforme koja rotira oko vertikalne ose ugaonom brzinom 1 rad/s , nalazi se čovek na rastojanju 1 m od ose platforme. Moment inercije platforme je 120 kgm^2 , a masa čoveka je 70 kg . Kolika će biti ugaona brzina platforme kada čovek pređe u njen centar? Moment inercije čoveka izračunati po formuli za moment inercije materijalne tačke.

$$\omega_1 = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$r = 1 \text{ m}$$

$$I_p = 120 \text{ kgm}^2$$

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$\omega_2 = ?$$

U ovom zadatku primenjujemo zakon održanja momenta impulsa.

Moment impulsa sistema (čovek sa platformom), kada je čovek na ivici platforme

$$L_1 = I_1 \cdot \omega_1$$

Moment impulsa sistema, kada se čovek nalazi u centru platforme $L_2 = I_2 \cdot \omega_2$.

$$\text{Moment inercije} \quad I_1 = I_p + m \cdot r^2 \quad \text{i} \quad I_2 = I_p.$$

$$(I_p + m \cdot r^2) \cdot \omega_1 = I_p \cdot \omega_2$$

$$\omega_2 = \frac{(I_p + m \cdot r^2) \cdot \omega_1}{I_p}$$

$$\omega_2 = \frac{(120 \text{ kgm}^2 + 70 \text{ kg} \cdot (1 \text{ m})^2) \cdot 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{120 \text{ kgm}^2}$$

$$\omega_2 = 1,6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ovaj zadatak spada u trening zadatke III nivoa, koji služi za proveru primene zakona održanja momenta impulsa.

17. Pun valjak, čija je početna brzina nula, skotrlja se s vrha strme ravni, visine 1,63 m. Kolika će biti brzina valjka u podnožju strme ravni?

$$v_0 = 0$$

$$h = 1,63 \text{ m}$$

$$v = ?$$

U početnom položaju ukupna energija je: $E = E_p = m \cdot g \cdot h$.

U toku kretanja niz strmu ravan potencijalna energija valjka delimično prelazi u kinetičku energiju translacije valjka i delimično u kinetičku energiju rotacije valjka,

$$E = E_k^T + E_k^R.$$

$$E_k^T = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_k^R = \frac{I \cdot \omega^2}{2} \quad \text{zamenom formule} \quad I = \frac{m \cdot r^2}{2} \quad \text{i} \quad \omega = \frac{v}{r}$$

$$\text{dobija se} \quad E_k^R = \frac{m \cdot v^2}{4}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{m \cdot v^2}{4} = \frac{3}{4} m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot h}{3}}$$

$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,63 \text{ m}}{3}}$$

$$v = 4,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke III nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuju zakon održanja energije, gde postoji složeno kretanje valjka, i translacija i rotacija.

18. Telo je bačeno vertikalno uvis početnom brzinom 49 m/s. Na kojoj visini h će njegova kinetička energija biti jednaka njegovoj potencijalnoj energiji?

$$v_0 = 49 \frac{m}{s}$$

$$h = ?$$

$$E_{k1} = E_{p1}$$

U ovom zadatku se primenjuje zakon održanja energije.

Telo u početku ima samo kinetičku energiju, jer je bačen nagore, $E = E_k = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$.

Na visini h , telo ima i kinetičku i potencijalnu energiju $E = E_{k1} + E_{p1}$ gde je

$$E_{p1} = m \cdot g \cdot h.$$

$$E_k = E_{k1} + E_{p1}$$

$$E_k = 2 \cdot E_{p1}$$

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = 2 \cdot m \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{v_0^2}{4 \cdot g}$$

$$h = \frac{\left(49 \frac{m}{s}\right)^2}{4 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h = 61,2m$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke III nivoa, proverava se da li učenici znaju da primenjuvaju zakon održanja energije kod vertikalnog hica nagore. Nakon izvođenja i sređivanja izraza dobija se da krajnja formula zavisi samo od početne brzine tela.

19. Dete je počelo da se kreće (iz stanja mirovanja) sa vrha glatkog tobogana, čija visina u odnosu na nivo vode u bazenu iznosi 8,5 m. Kolika će biti brzina kretanja deteta, neposredno pre nego što upadne u bazen?

$$v_0 = 0$$

$$h = 8,5m$$

$$v = ?$$

U zadatku se primenjuje zakon održanja energije.

Dete u početku imalo samo potencijalnu energiju, jer se kretao iz stanja mirovanja,

$$E = E_{p1} = m \cdot g \cdot h .$$

Pre nego što dete upadne u bazen ima samo kinetičku energiju, $E = E_{k2} = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

$$E_{p1} = E_{k2}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{m}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 8,5m}$$

$$v = 12,9 \frac{m}{s}$$

Ovim zadatkom, koji spada u trening zadatke III nivoa, proverava se da li učenici znaju da primene zakon održanja energije u datom slučaju. Izjednačvanje izraza za potencijalnu i kinetičku energiju dobijen je izraz za brzinu, koji ima isti oblik kao za slobodan pad. Znači, dete koje se spušta dole sa tobogana će na kraju imati istu brzinu kao da slobodno pada sa određene visine.

7. Analiza kontrolnih zadataka

Pismenu proveru znanja je radilo 12 učenika prvog razreda smera arhitektonski tehničar (na mađarskom jeziku) Politehničke škole u Subotici. Na pismenoj proveri znanja učenika dati su sledeći zadaci:

1. Metak mase 50 g izleti iz puške brzinom 600 m/s. Masa puške je 3 kg. Koliki je impuls metka i brzina uzmaka puške?

$$m_1 = 50 \text{ g} = 0,05 \text{ kg}$$

$$v_1 = 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 3 \text{ kg}$$

$$v_2 = ?$$

Za rešavanje ovog zadatka neophodno je da učenici primene zakon održanja impulsa.

Impuls metka je $p_1 = m_1 \cdot v_1$

Impuls puške je $p_2 = m_2 \cdot v_2$

$$p_1 = p_2$$

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_2}$$

$$v_2 = \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \text{ kg}}$$

$$v_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$p_1 = m_1 \cdot v_1$$

$$p_1 = 0,05 \text{ kg} \cdot 600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$p_1 = 30 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ovaj zadatak spada u kategoriju jednostavnih zadataka, gde učenici treba da primene osnovnu formulu za zakon održanja impulsa.

2. Telo mase 8 kg slobodno pada sa visine 12 m. Kolika će biti kinetička energija tela neposredno pre pada na Zemlju?

$$m = 8 \text{ kg}$$

$$h = 12 \text{ m}$$

$$E_k = ?$$

Za rešavanje ovog zadatka učenici treba da primene zakon održanja energije.

U početku kada telo počinje da slobodno pada ima samo potencijalnu energiju,

$$E = E_p = m \cdot g \cdot h.$$

Pre pada na Zemlju, telo ima samo kinetičku energiju, $E = E_k$.

$$E_p = E_k$$

$$E_k = m \cdot g \cdot h$$

$$E_k = 8 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 12 \text{ m}$$

$$E_k = 941,76 \text{ J}$$

I ovaj zadatak spada u kategoriju jednostavnih zadataka, jer učenici da bi došli do rešenja treba da primene samo formulu za zakon održanja energije.

3. Telo mase 3kg kreće se brzinom 2 m/s, i sudara se sa drugim telom mase 6 kg koja se kreće brzinom 3 m/s. Kolika će biti njihova zajednička brzina nakon sudara, ako su ova tela pre sudara išli jedan drugi u susret?

$$m_1 = 3 \text{ kg}$$

$$v_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 6 \text{ kg}$$

$$v_2 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = ?$$

U zadatku se primenjuje zakon održanja impulsa.

Pre sudara tela imaju ukupan impuls: $p_1 = m_2 \cdot v_2 - m_1 \cdot v_1$.

Posle sudara tela imaju ukupan impuls: $p_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_3$.

$$\begin{aligned}
p_1 &= p_2 \\
m_2 \cdot v_2 - m_1 \cdot v_1 &= (m_1 + m_2) \cdot v_3 \\
v_3 &= \frac{m_2 \cdot v_2 - m_1 \cdot v_1}{(m_1 + m_2)} \\
v_3 &= \frac{6 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 3 \text{ kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(6 \text{ kg} + 3 \text{ kg})} \\
v_3 &= 1,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}
\end{aligned}$$

Ovaj zadatak je trening zadatak I nivoa. Učenici treba da prepoznaju da su vektori impulsa tela pre sudara suprotno usmereni, pa je ukupan impuls (po intenzitetu) jednak razlici impulsa tela.

4. Automobil koji se kreće brzinom 72 km/h sudara se sa drugim automobilom. Mase automobila su jednake. Nakon sudara oba automobila će se kretati zajedno. Kolika će im biti zajednička brzina, ako je pre sudara drugi automobil bio u stanju mirovanja?

$$\begin{aligned}
v_1 &= 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
m_1 &= m_2 = m \\
v_2 &= ?
\end{aligned}$$

U zadatku se primenjuje zakon održanja impulsa.

Pre sudara, impuls ima samo onaj automobil koji se kreće: $p_1 = m \cdot v_1$.

Posle sudara, ukupan impuls je: $p_2 = (m + m) \cdot v_2 = 2 \cdot m \cdot v_2$.

$$\begin{aligned}
p_1 &= p_2 \\
m \cdot v_1 &= 2 \cdot m \cdot v_2 \\
v_2 &= \frac{m \cdot v_1}{2 \cdot m} \\
v_2 &= \frac{v_1}{2} \\
v_2 &= \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} \\
v_2 &= 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}
\end{aligned}$$

Ovaj je trening zadatak II nivoa, učenici treba da prepoznaju sistem za koji određuju impuls.

5. Telo slobodno pada sa visine 3m. Kolika je brzina tela na visini 1m?

$$h_1 = 3 \text{ m}$$

$$h_2 = 1 \text{ m}$$

$$v = ?$$

U zadatku se primenjuje zakon održanja energije.

U početku slobodnog pada, telo ima samo potencijalnu energiju $E_1 = E_{p1} = m \cdot g \cdot h_1$

Na visini 1m, telo ima i kinetičku i potencijalnu energiju $E_2 = E_{p2} + E_{k2}$

$$E_{p2} = m \cdot g \cdot h_2 \qquad E_{k2} = \frac{m \cdot v^2}{2} \qquad E_2 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_1 = E_2$$

$$m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot (h_1 - h_2)}{m}$$

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

$$v^2 = 2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3 \text{ m} - 1 \text{ m})$$

$$v^2 = 39,24 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v = \sqrt{39,24 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$v = 6,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Poslednji zadatak je trening zadatak III nivoa, gde se od učenika očekuje da prepoznaju koji oblik mehaničke energije ima telo pri slobodnom padu u određenom trenutku. Takođe se od učenika zahteva viši nivo znanja matematike.

Tabela 2: Tabelarni prikaz analize urađene pismene provere znanja/ kontrolnog zadatka.

Zadatak	Broj učenika koji su tačno uradili zadatak	Broj učenika koji imaju tačno postavljen zadatak, ali ne i tačno rešenje	Broj učenika koji nisu tačno uradili zadatak
1.	5	0	7
2.	6	0	6
3.	4	4	4
4.	3	0	9
5	2	1	9

Proverom znanja na ovaj način dobija se tačna slika o količini usvojenog znanja i stvarnog razumevanja gradiva. Analiza rezultata učenika na ovoj proveru prikazana je u tabeli 2. Radi lakše analize rezultati su podeljeni u tri grupe: 1) broj učenika koji su tačno uradili zadatak, 2) broj učenika koji su tačno postavili zadatak i 3) broj učenika koji nisu uradili tačno zadatak. Učenici koji su dobro uradili postavku zadatka pokazali su da razumeju gradivo, ali da im nedostaje matematički aparat da ga završe. Za razliku od njih učenici koji su uradili potpuno tačno zadatke pokazali su i razumevanje gradiva i posedovanje odgovarajućeg matematičkog znanja. U praksi se često sreću učenici koji razumeju principe fizike, ali imaju nedostatak znanja iz matematike koje im je potrebno za izradu zadataka.

Prva dva zadatka spadaju u grupu jednostavnih zadataka sa kojima se proverava da li su učenici savladali osnovne pojmove. Ova dva zadatka učenici su najbolje uradili. U trećem zadatku, trening zadatak I nivoa, je trebalo pokazati i dodatno razumevanje, pa samim tim se smanjio i broj učenika koji je rešio ovaj zadatak. Poslednja dva zadatka, trening zadatak II i III nivoa, su zahtevala potpuno razumevanje gradiva i to su zadaci koje su učenici najslabije uradili.

8. Zaključak

Jedan od glavnih ciljeva u nastavi fizike je naučiti učenike kako da rešavaju računске zadatke. Radi ostvarivanja tog cilja u ovom radu su predstavljene zadaci vezani za nastavnu temu zakoni održanja u mehanici: zakon održanja impulsa, momenta impulsa i energije. Pravilan izbor zadataka u nastavi fizike je veoma bitan. Prilikom izbora treba voditi računa o redosledu zadataka koji se učenicima prezentuje. To je razlog zbog kojeg su zadaci podeljeni na četiri nivoa: jednostavni zadaci, trening zadaci I nivoa, trening zadaci II nivoa i trening zadaci III nivoa. Ovakvom podelom zadataka olakšane su pripreme nastavnika u ovoj nastavnoj oblasti. Važno je krenuti od najlakših pa postepeno ići ka složenijim i problemskim zadacima. Na ovaj način se i teorija bolje savlada, a znanje učenika postaje trajno. Takođe, veoma je bitna i sposobnost primene stečenog znanja u svakodnevnom životu. Da bismo kod učenika razvili interesovanje za izradu zadataka potrebno je da se tekstovi zadataka prilagode svakodnevnom i interesantnim događajima. Sa druge strane zadaci u nastavi fizike imaju i druge funkcije i ciljeve. Koriste se za ponavljanje i utvrđivanje pređenog gradiva, proveravanje i ocenjivanje, sistematizaciju i generalizaciju znanja.

Pored zadataka koji su urađeni na času ili kao domaći zadatak u radu su predstavljene i zadaci koji su korišćeni na pismenoj proveri znanja u Politehničkoj školi u Subotici na smeru arhitektonski tehničari (prvi razred, na mađarskom jeziku). Rezultati su pokazali da učenici najbolje rade najjednostavnije zadatke, gde je samo potrebno primeniti osnovnu formulu, dok je najlošije urađen trening zadatka III nivo. Pored toga uočen je i nedostatak matematičnog znanja da se tačno postavljen zadatak i uradi do kraja.

Literatura:

1. M. Raspopović, D. Ivanović, D. Krpić, S. Božić, I. Aničin, V. Urošević, S. Žegarac, E. Danilović, I. Vasiljević: Fizika sa zbirkom zadataka i priručnik za laboratorijske vežbe za II razred četvorogodišnjih srednjih škola, Beograd, 2007.
2. dr Slobodan Popov, dr Stipan Jukić, Pedagogija, Novi Sad, 2006
3. dr Tomislav Petrović, Didaktika fizike – teorija nastave fizike, Beograd, 1994.
4. Milan O. Raspopović, Metodika nastave fizike, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1992

Biografija

Klaudija Bašić Palković je rođena 01.01.1981. godine u Subotici. Pohađala je osnovnu školu “Ivo Lola Ribar“ u rodnom mestu. Nakon završetka osnovne škole upisala je prirodno-matematički smer gimnazije “Svetozar Marković“ u Subotici. 2000. godine upisuje osnovne studije na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, smer diplomirani fizičar – meteorolog. Nakon položenih svih ispita predviđenih planom i programom diplomira maja 2005. godine.

Iste godine počinje da radi u srednjoj stručnoj školi u Subotici, gde je i danas zaposlena kao profesor fizike. Nastavu fizike predaje na srpskom i mađarskom jeziku.

2015. godine upisuje master akademske studije Profesor fizike, na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu.



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO - MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Master rad

VR

Autor: Klaudija Bašić Palković

AU

Mentor: prof. dr Maja Stojanović

MN

Naslov rada: Računski zadaci iz fizike iz nastavne teme «Zakoni održanja u mehanici» za srednje stručne škole

MR

Jezik publikacije: srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: s / e

JI

Zemlja publikovanja: Republika Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2016.

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada: (8, 43, 4, 2, 0, 0, 0)

FO

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Metodika nastave fizike

ND

Ključne reči: energija, impuls, moment impulsa, održanje

PO

UDK:

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

Izvod: U radu je ukazano na značaj zadataka u nastavi fizike. Izvršena je klasifikacija zadataka i dat je opšti metodički put za njihovo rešavanje. Takođe, dat je i teorijski uvod i zadaci iz nastavne teme *Zakoni održanja u mehanici* koja se obrađuje u prvom razredu srednje stručne škole. Pored toga predstavljani su i rezultati i analiza pismene provere znanje učenika.

IZ

Datum prihvatanja teme od strane NN veća:

DP

Datum odbrane: 29.09.2016.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: dr Zorica Podrašćanin, docent

Član: dr Sonja Skuban, vanredni profesor

Član: dr Maja Stojanović, vanredni profesor

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE KEY
WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph type

DT

Type of record: Printed text

TR

Contents Code: Master thesis

CC

Author: Klaudija Bašić Palković

AU

Mentor: dr Maja Stojanović

MN

Title: Computational Problems in Physics from teaching topics "Conservation laws in mechanics" for secondary vocational schools

XI

Language of text: Serbian

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Republic of Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2016

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publ. place: Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description: (8, 43, 4, 2, 0, 0, 0)

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Physics teaching methodology

SD

Key words: energy, momentum, angular momentum, conservation

UC:

Holding data: Library of Department of Physics

HD Note:

Abstract: This paper presents a classification of computational problems and provides an overall methodical way to solve them. This is also provides a theoretical introduction to the field of *Conservation laws in mechanics* in the secondary vocational schools. Also the results and analysis of written task of students in this field was presented.

AB

Accepted by the Scientific Board on:

Defended: 28.09.2016.

Thesis defend board: dr Zorica Podračanin, Assistant professor

Member: dr Sonja Skuban, Associate professor

Member: dr Maja Stojanović, Associate professor