

# Učeničko razumijevanje oblika, pretvorbe i očuvanja energije

---

Nikić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:901366>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET**  
**MATEMATIČKI ODSJEK**

Iva Nikić

**UČENIČKO RAZUMIJEVANJE OBLIKA,  
PRETVORBE I OČUVANJA ENERGIJE**

Diplomski rad

Voditelj rada:  
dr. sc. Ana Sušac

Zagreb, rujan, 2019.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ pred ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_, predsjednik
2. \_\_\_\_\_, član
3. \_\_\_\_\_, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_.

Potpisi članova povjerenstva:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

*Od srca se zahvaljujem mentorici dr. sc. Ani Sušac na neizmjernej podršci i stručnoj pomoći tijekom pisanja ovog diplomskog rada. Hvala mojoj obitelji i prijateljima koji su, premda je moj put ka kraju studiranja bio težak i trnovit, uvijek bili uz mene i davali mi ohrabrenje i potporu da ne odustajem na tom putu. Bez njih ovo ne bih mogla ostvariti.*

*„Cvati tamo gdje si posijan.”*

# Sadržaj

<b>Sadržaj</b>	<b>iv</b>
<b>Uvod</b>	<b>2</b>
<b>1 Prijašnja istraživanja</b>	<b>3</b>
<b>2 Metode</b>	<b>10</b>
2.1 Konstrukcija testa . . . . .	10
2.1.1 Kinetička energija . . . . .	11
2.1.2 Gravitacijska potencijalna energija . . . . .	12
2.1.3 Elastična potencijalna energija . . . . .	13
2.1.4 Povezanost unutarne energije s temperaturom, masom i vrstom tvari	13
2.1.5 Povezanost unutarne energije s brojem i brzinom čestica . . . . .	14
2.1.6 Pretvorbe energije unutar sustava . . . . .	15
2.1.7 Prijenos energije između dva sustava . . . . .	16
2.1.8 Zakon očuvanja energije . . . . .	16
2.2 Ispitanici . . . . .	17
2.3 Analiza podataka . . . . .	17
<b>3 Rezultati i diskusija</b>	<b>19</b>
3.1 Raspodjela po broju riješenih zadataka . . . . .	19
3.2 Usporedba po konceptualnim područjima i dobi učenika . . . . .	20
3.3 Usporedba zadataka po konceptima . . . . .	22
3.3.1 Kinetička energija . . . . .	22
3.3.2 Gravitacijska potencijalna energija . . . . .	24
3.3.3 Elastična potencijalna energija . . . . .	25
3.3.4 Povezanost unutarne energije s temperaturom, masom i vrstom tvari	27
3.3.5 Povezanost unutarne energije s brojem i brzinom čestica . . . . .	28
3.3.6 Pretvorbe energije unutar sustava . . . . .	30
3.3.7 Prijenos energije između dva sustava . . . . .	31

3.3.8	Zakon očuvanja energije . . . . .	33
3.4	Obrada po pojedinim zadacima . . . . .	34
3.4.1	Zadatak 1 . . . . .	34
3.4.2	Zadatak 2 . . . . .	36
3.4.3	Zadatak 3 . . . . .	39
3.4.4	Zadatak 4 . . . . .	41
3.4.5	Zadatak 5 . . . . .	43
3.4.6	Zadatak 6 . . . . .	46
3.4.7	Zadatak 7 . . . . .	48
3.4.8	Zadatak 8 . . . . .	50
3.4.9	Zadatak 9 . . . . .	52
3.4.10	Zadatak 10 . . . . .	54
3.4.11	Zadatak 11 . . . . .	56
3.4.12	Zadatak 12 . . . . .	59
3.4.13	Zadatak 13 . . . . .	61
3.4.14	Zadatak 14 . . . . .	63
3.4.15	Zadatak 15 . . . . .	65
3.4.16	Zadatak 16 . . . . .	68
<b>4</b>	<b>Implikacije za nastavu</b>	<b>71</b>
	<b>Bibliografija</b>	<b>73</b>

# Uvod

Već u sedmom razredu osnovne škole, nakon što svladaju pojam sile, učenici se upoznaju s pojmom energije. Kako je energija apstraktni pojam s kvalitativnim i kvantitativnim svojstvima učenici, koji tek ulaze u stadij formalnih (apstraktnih) misaonih operacija, imaju poteškoće u razumijevanju energetske koncepcije. Najveći doprinos nerazumijevanju energije i srodnih koncepcija daju miskoncepcije i pretkoncepcije koje učenici imaju o energiji. Na primjer, kada se učenik nakon trčanja umori reći će da nema više energije, da je potrošio svu energiju. Takvo poimanje energije kosi se sa znanstvenim poimanjem energije. Stoga je kod uvođenja pojma energije ključno učenicima naglasiti važnost energije kroz pravilno tumačenje energije pomoću primjera iz svakodnevnog života. Također, važno je napomenuti da je energija ključan pojam ne samo u fizici nego i u drugim znanostima kao što su kemija (kemijske reakcije, npr. baterije), biologija (ekosustavi, klimatske promjene) te industriji (hidro, vjetro i nuklearne elektrane, solarni paneli, korisnost strojeva) i medicini (radiologija, ultrazvučna dijagnostika i terapija).

Pojam energije se razvio iz Leibnizove ideje o *vis viva*, takozvanoj "živoj sili", odnosno neuništivoj veličini  $mv^2$  koja je svojstvena tvari. Leibniz je za svoju veličinu *vis vivu* (živu silu) tvrdio da će, za razliku od Descartesove količine gibanja  $mv$ , biti očuvana u zatvorenom sustavu, premda je Dubrovčanin Ruđer Josip Bošković, koji je isticao da je Descartesova količina gibanja vektorska veličina, dok je „*vis viva*“ skalarna veličina, pokazao da obje veličine ostaju očuvane [3]. Nizozemski fizičar i matematičar Christian Huygens prvi je tvrdio da je  $\frac{mv^2}{2} + mgh = konst.$  te time otvorio raspravu o očuvanju energije. Treba napomenuti da tek 1807. godine engleski fizičar Thomas Young daje ime za energiju (grč. *energeia* - aktivnost, sadržavati rad), tj. definira energiju kao sposobnost tijela da vrši rad. Francuski fizičar Gaspard-Gustave de Coriolis izračunao je da rad, koji tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  može izvršiti, jednak  $\frac{mv^2}{2}$ . Škotski fizičar William Thomson, poznatiji kao Lord Kelvin, 1856. godine nazvao je  $\frac{mv^2}{2}$  kinetičkom energijom. Međutim, tijelo ima sposobnost vršiti rad i zbog svojeg položaja, pa je škotski inženjer William M. Rankine tu energiju 1852. godine nazvao potencijalnom [3].

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti učeničko razumijevanje oblika, pretvorbe i očuvanja energije. U novije vrijeme pokrenula su se brojna istraživanja koja ispituju učeničko razumijevanje energije, ali i uobičajene učeničke pogreške, tj. miskoncepcije, vezane uz pojam energije i očuvanja energije. Od svih istraživanja ovdje će biti izdvojeno istraživanje Američke udruge za napredak znanosti (AAAS Project 2061). Američka udruga za napredak znanosti je organizacija koja se bavi istraživanjem i razvojem znanosti u SAD-u. U jednom od svojih istraživanja ispitivali su napredak razumijevanja pojmova vezanih uz energiju (oblika, pretvorbe, prijenosa, očuvanja energije) od osnovne do srednje škole. Na svojoj web stranici [1] stavili su zadatke koji su korišteni u tom istraživanju. Isti ti zadaci korišteni su i u istraživanju u ovom diplomskom radu.

Fokus ovog diplomskog rada je istražiti koje miskoncepcije vezane uz energiju imaju hrvatski učenici osnovnih i srednjih škola kako bi se kroz bolje poznavanje tih miskoncepcija poboljšala nastava fizike u hrvatskim školama.



# Poglavlje 1

## Prijašnja istraživanja

U novije vrijeme sve su češća istraživanja koja se bave ispitivanjem razumijevanja energije i procesa povezanih uz energiju. Tom trendu istraživanja pridodaje činjenica da su rezultati testiranja razumijevanja energije i njenog očuvanja kod učenika i studenata, a čak i učitelja fizike, loša i poražavajuća te da je razumijevanje i primjena koncepta energije i zakona očuvanja energije prisutna u svim granama znanosti kako u svom radu navode Seeley i suradnici [13].

Zakon očuvanja energije je glavno obilježje energije uz prijenos i pretvorbu energije. Seeley i suradnici stoga naglašavaju važnost definiranja sustava. Bez obzira na odabir sustava energija je uvijek očuvana, ali u fizici se često izabire sustav za koji ukupna energija nakon prijenosa ili pretvorbe nije konstantna. Dakle, izbor sustava može utjecati na način na koji gledamo na očuvanje energije. U slučaju kada nema prijenosa energije iz ili u sustav, zakon očuvanja energije nam govori da je ukupna energija sustava konstantna. Kada imamo prijenos energije iz ili u sustav, zakon očuvanja energije kazuje da je promjena ukupne energije okoline sustava jednaka promjeni ukupne energije u sustavu. Ukratko, zakon očuvanja energije uvijek vrijedi bez obzira na sustav, a izbor sustava utječe na to hoće li ukupna energija sustava biti konstantna ili ne. Seeley i suradnici napominju da autori udžbenika moraju razlikovati konstantnost energije, koja ovisi o sustavu, i očuvanje energije, koje vrijedi za sve sustave. Premda je definicija "energija je očuvana za izolirane sustave" ili "energija je očuvana za zatvorene sustave" dobra, učenici je mogu protumačiti kao da je energija očuvana samo za takve sustave, što je pogrešno jer je energija uvijek očuvana [13].

Daane i suradnici u svom radu govore o energiji u disipativnim procesima [5]. U disipativnim procesima makroskopska kinetička energija se interakcijom mikroskopskih čestica koje se nasumično gibaju pretvara u unutarnju energije. Kod takvih procesa se teško može uočiti promjena kinetičke energije u unutarnju energiju. Stoga mnogi učenici i učitelji misle da se energija u disipativnim procesima iskoristi tj. izgubi te time dolaze do kon-

flikta sa zakonom očuvanja energije. Neki učenici, kako bi izbjegli konflikt sa zakonom očuvanja energije, tvrde da se energija može spremirati i iskoristiti ponovno poslije. Dakle, neki učenici imaju miskoncepciju da se kinetička energija u disipativnim procesima pretvara u "potencijalnu energiju" [5].

Brewe se u svom radu osvrnuo na to kako se energija može promatrati [4]. Energiju ne možemo definirati, ali možemo proučavati njezina svojstva. Brewe govori da se energija može gledati kao količina neke tvari koja se može skladištiti i prenositi. Takvo gledište na energiju je konceptualna metafora koja uspoređuje energiju sa stvarnim fizikalnim objektima. Na ovaj način energija dobiva odlike objekta i novo gledište na očuvanje, skladištenje i prijenos energije. Analizirajući energiju kao "tvar" Brewe u svojem radu navodi tri iskaza koja pomažu poboljšati razumijevanje pojma energije i zakona očuvanja energije:

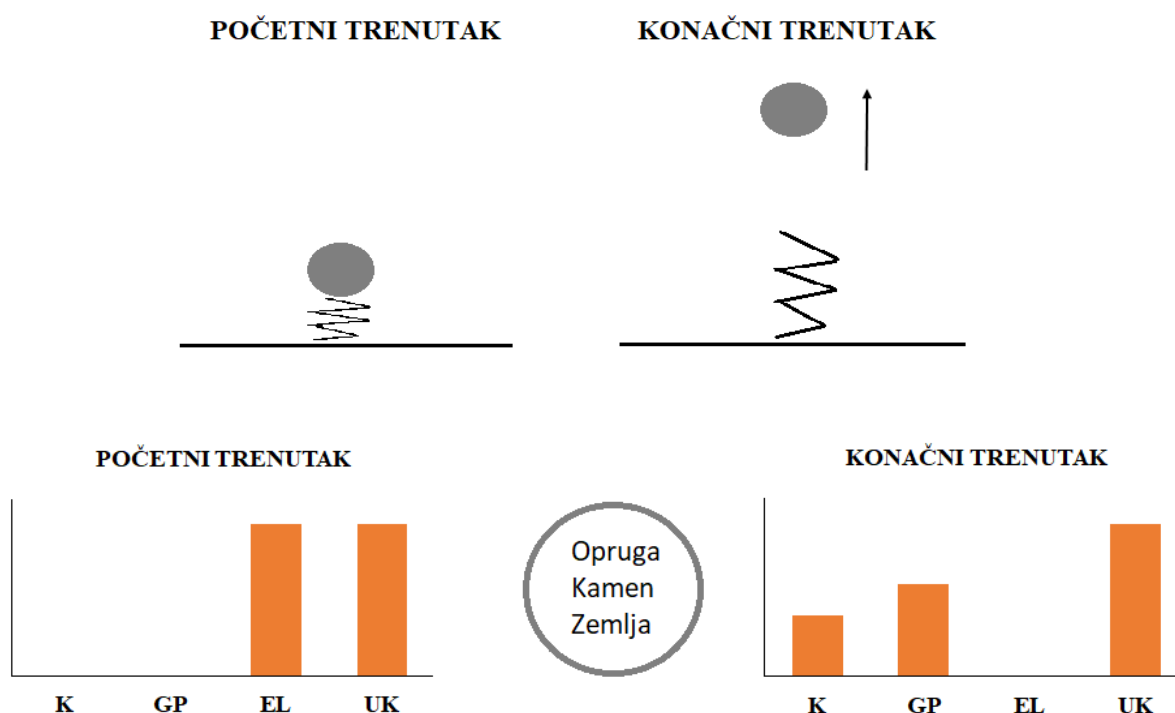
- Energija je tvar koja se može "skladištiti" ili "posjedovati" u "spremnici" koje nazivamo fizikalnim sustavima.
- Energija može "teći" ili biti "prenesena" iz jednog "spremnika" u drugi i time uzrokovati promjene.
- Energija nakon prijenosa zadržava svoj identitet.

Prva izjava govori da je energija svojstvo fizikalnog sustava. Posljedica toga je da nema slobodne energije te da je izjava kao što je "energija se izgubila", koja sugerira da energija može nestati, u kontradikciji sa zakonom očuvanja energije, jer kod prijenosa energija se i dalje prenosi u fizikalni sustav. Druga izjava govori da je prijenos energije povezan s interakcijom između fizikalnih sustava i da se svakim prijenosom energije iz sustava sustav mijenja. Ovdje je stavljen naglasak da je modeliranje sustava temelj istraživanja u fizici. Treća izjava preispituje zakon očuvanja energije. Energija se može uvesti na dva načina, povezivanjem energije s radom i preko raznih oblika energije. Ta dva pogleda na energiju stvaraju problem kod primjene zakona očuvanja energije. Mnogi učenici poistovjećuju rad i energiju što sprječava da se energija gleda kao tvar za koju vrijedi zakon očuvanja. Stoga, koncept energije kao količina neke tvari pomaže učenicima da razlikuju energiju i rad te poboljšava razumijevanje zakona očuvanja energije. Brewe također naglašava da bi se energija trebala uvesti prije sile i da bi energija trebala biti u središtu kurikuluma. U skladu s time, dan je naglasak na definiranju sustava te korištenju energetske dijagrama kod prijenosa energije iz sustava u sustav i zakona očuvanja energije [4].

Više o energetske dijagramima i njihovoj važnosti pišu Gray i suradnici [7]. Napominju da je za većinu učenika vizualizacija dijagramom važan faktor pri rješavanju i objašnjavanju zadataka vezanih uz pojam prijenosa energije i zakona očuvanja energije. Kod rješavanja zadataka koji uključuju djelovanje sila, za vizualizaciju sila koriste se dijagrami sila. Nedostatak vizualizacije energije, koju ionako ne vidimo (vidimo njene učinke), može biti prepreka pri učenju i razumijevanju prijenosa i pretvorbe energije te zakona

očuvanja energije. U ovom radu Gray i suradnici spominju tri vrste dijagrama: stupčasti dijagram, dijagram toka energije, dijagram praćenja energije.

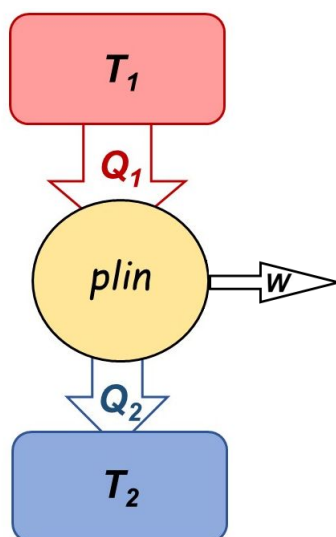
Stupčasti dijagram (u Hrvatskoj se često zove samo energetski dijagram) većinom se koristi da se prikaže pretvorba i očuvanje energije. Međutim, ta pretvorba nije eksplicitno prikazana. Premda se kod takvih dijagrama ne opisuje o kojem sustavu se radi, autori rada potiču da se kod tog tipa dijagrama istakne sustav u kojem gledamo energije. Ovakvim tipom dijagrama se ne može prikazati prijenos energije [7].



Slika 1.1: Stupčasti dijagram

Na primjer, kamen se u početnom trenutku nalazi na stisnutoj opruzi (izvan ravnotežnog položaja), a u konačnom trenutku kamen se giba prema gore i opruga se nalazi u svom ravnotežnom položaju. Na slici 1.1 je prikazan energetski dijagram za ovaj zadatak u kojem je napisano i o kojem se sustavu radi. U SAD-u takav dijagram zbog izgleda skraćeno zovu LOL dijagram. Slovo L označava koordinate osi prije crtanja stupaca, a slovo O označava krug u kojem se upisuje što je u sustavu [12]. U početnom trenutku, kada kamen stišće oprugu, sustav u kojem se nalaze kamen, opruga i Zemlja sadrži samo elastičnu energiju opruge. U konačnom trenutku, kada se kamen giba prema gore, sustav ima kinetičku i gravitacijsku potencijalnu energiju. Iz dijagrama se po stupcu Ukupna energija vidi da je energija sustava očuvana.

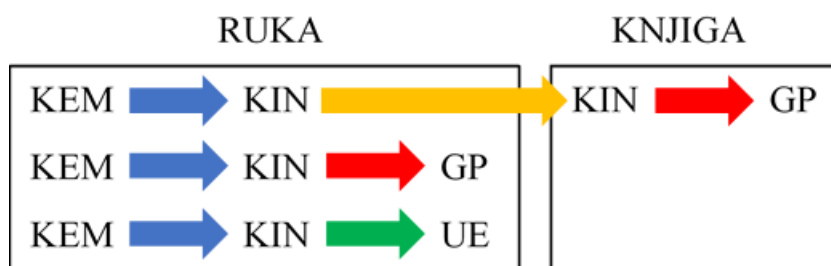
Dijagram toka energije se najčešće koristi za prikazivanje pretvorbe topline u rad kod toplinskih strojeva u termodinamici. Na slici 1.2 prikazan je shematski prikaz rada toplinskog stroja sa svojim glavnim dijelovima. Topliji spremnik spontano predaje toplinu ( $Q_1$ ) hladnijem spremniku. Jedan dio te topline preuzima termodinamički sustav, odnosno plin, i pretvara ga u rad ( $W$ ), a dio predaje hladnijem spremniku ( $Q_2$ ). Količinu topline predstavlja debljina strelice. Očuvanje energije je vidljivo po konstantnoj ukupnoj debljini strelica u procesu. Ovaj tip dijagrama prikazuje o kojem sustavu se radi (u ovom slučaju plin) i prati prijenos energije kroz sustav. Međutim, ovim tipom dijagrama se ne može prikazati pretvorba energije (npr. iz kinetičke u gravitacijsku potencijalnu energiju) i koristi se samo kod pretvorbe topline u rad kod toplinskih strojeva [7].



Slika 1.2: Dijagram toka energije toplinskog stroja (preuzeto iz [2] uz prepravak)

U dijagramu praćenja energije prikazani su objekti koji su u sustavu. Prijenos i pretvorba energije su označene strelicama. Postupak kojim dolazi do prijensa i pretvorbe predstavljen je bojama [7].

Na slici 1.3 dijagram praćenja energije prikazuje pretvorbu i prijenos energije koja se dogodi kada osoba stavlja knjigu na policu. U sustavu koji promatramo nalaze se ruka, Zemlja i knjiga. Dok osoba rukom podiže knjigu, kemijska energija u ruci pretvara se u kinetičku, a zatim gravitacijsku energiju (ruka se nalazi na nekoj visini od referentne točke, tj. od početnog položaja). Dio kinetičke energije prenosi se s ruke na knjigu mehaničkim radom. Ta se kinetička energija pretvara u gravitacijsku energiju knjige kako se knjiga diže. Kako se ruka kreće ona se zagrijava, dio kinetičke energije se pretvorio u unutarnju energiju. Plava, žuta, crvena i zelena boja predstavljaju redom metabolizam, mehanički rad, horizontalno gibanje i disipaciju.



Slika 1.3: Dijagram praćenja energije

Iz dijagrama praćenja energije može se vidjeti očuvanje energije. Koliko jedinica energije ima na početku, toliko ih ima i na kraju. U gore navedenom primjeru na početku i na kraju imamo tri jedinice energije. Prijenos energije se prati pomoću strelica čije boje označavaju o kojem se procesu radi kod prijenosa energije te je pretvorba energije eksplicitno prikazana. Budući da se ovakvi dijagrami i njihove slične inačice koriste za prikazivanje znanstvenih ideja, autori rada ističu kako je važno da učenici razviju vještinu prikazivanja i analiziranja znanstvenih ideja [7].

O učeničkim miskoncepcijama u svojem radu su pisali Sabo i suradnici [11]. Ovo su neke miskoncepcije vezane uz pojam energije koje navode:

- Učenici smatraju da je energija potrebna za život i gledaju je kao gorivo.
- Učenici smatraju da je aktivnost, posebice gibanje, energija umjesto da je to učinak energije.
- Učenici smatraju da je energija tvar ili kvazimaterija.  
Za ovu ideju se još vodi rasprava je li produktivna. Neki bi ovu učeničku ideju okarakterizirali kao miskoncepciju jer energija nije tvar.
- Učenici smatraju da se energija troši, tj. da energija nije očuvana.
- Učenici neučinkovitost toplinskog stroja u termodinamici pripisuju trenju ili lošoj izolaciji, a ne drugom zakonu termodinamike.

Sabo i suradnici napominju da drugi zakon termodinamike treba biti poveznica između učeničkog iskustva vezanog uz energiju i znanstvenog poimanja energije, kao što je zakon očuvanja energije [11].

Istraživanje koje valja izdvojiti je spomenuto istraživanje koje je provela Američka udruga za napredak znanosti na čelu s Herrmann-Abell i DeBoer [8]. U svom radu navode dva cilja:

1. Ispitati sveobuhvatni napredak razumijevanja energije.
2. Ispitati trenutno stanje učeničkog razumijevanja koncepata vezanih uz energiju kod učenika osnovnih i srednjih škola.

U svojem istraživanju testirali su razumijevanje sljedećih konceptualnih područja vezanih uz energiju:

- (i) oblici energije i pretvorba energije
- (ii) prijenos energije
- (iii) disipacija energije
- (iv) zakon očuvanja energije

Konceptualno područje oblici energije i pretvorba energije podijelili su na sljedeće koncepte: kinetička energija, gravitacijska potencijalna energija, elastična potencijalna energija, unutarnja energija i kemijska energija. Konceptualno područje prijenos energije podijelili su na sljedeće kategorije: prijenos energije kondukcijom, prijenos energije konvekcijom, prijenos energije radijacijom, mehanički prijenos energije, zvučni prijenos energije i električni prijenos energije. Zadaci za svaki koncept podijeljeni su na tri težinske skupine: osnovni, srednji i napredni.

Rezultati istraživanja su pokazali da su zadaci koji su ispitivali razumijevanje koncepta zakona očuvanja energije lošije riješeni od ostalih energetske koncepta i konceptualnih područja. Zadaci koji su ispitivali razumijevanje konceptualnog područja oblici energije su najbolje riješeni, zadaci koji su ispitivali razumijevanje konceptualnog područja prijenosa energije su lošije riješeni, a zadaci koji su ispitivali razumijevanje zakona očuvanja energije su najlošije riješeni. Autori napominju da učenici imaju poteškoće sa zakonom očuvanja energije jer zahtijeva veću razinu razumijevanja pojma energije od oblika, prijenosa i pretvorbe energije. Zadaci koji ispituju razumijevanje da unutarnja energija ovisi o temperaturi tvari su se pokazali lakšim, za razliku od zadataka koji ispituju razumijevanje da unutarnja energija ovisi o masi tvari, koji su se pokazali težim nego što su autori očekivali da će biti. Također, iako su učenici osnovnih škola postigli očekivani rezultat, učenici srednjih škola nisu pokazali očekivanu razinu razumijevanja pojma energije i drugih povezanih koncepata. Ovakvi rezultati podupiru ideju da se razumijevanje energetske koncepta kod učenika treba razvijati tako da se energetske koncepti međusobno povezuju, a ne kao sada odvojeno, tako da se počinje oblicima energije, a završava zakonom očuvanja energije. Autori savjetuju da se energetske koncepti uvode primjereno dobi. U osnovnoj školi povezivajući fenomenološke koncepte s energetske, a u srednjoj školi tako da se pomoću energetske koncepta objasne pojave iz stvarnog svijeta te da se energetske

koncepte počnu promatrati s molekularnog gledišta. S obzirom na široku primjenu ovih energetske konceptata, autori naglašavaju da je vrlo važno da učenici razumiju energetske koncepte i njihovu primjenu u različitim kontekstima, kao i to da nastavnici trebaju znati koje poteškoće i miskoncepcije učenici imaju kod pojma energije i drugih povezanih konceptata [8].

I u Hrvatskoj su se provodila istraživanja učeničkih miskoncepcija vezanih uz pretvorbu energije iz jednog oblika u drugi i zakona očuvanja energije. Krsnik u svojoj knjizi [9] spominje istraživanje koje je provedeno među učenicima prvih i trećih razreda dviju gimnazija koje je ukazalo na poteškoće koje učenici imaju kod pretvorbe kinetičke energije u gravitacijsku potencijalnu energiju i obrnuto te zakona očuvanja energije. Učenici su u istraživanju pokazali nerazumijevanje osnovnih konceptata i zanemarivanje zakona očuvanja energije. Kod nekih zadataka koji su se koristili u testiranju vidjelo se da učenici trećih razreda nisu bolji od učenika prvih razreda te Krsnik napominje da to ukazuje na postojanje problema u procesu dozrijevanja znanja [9].

# Poglavlje 2

## Metode

### 2.1 Konstrukcija testa

Kod konstrukcije testa korišteni su zadaci s web stranice projekta Američke udruge za napredak znanosti (AAAS – American Association of Advancement of Science) Project 2061 (AAAS, 2019) [1]. Spomenuti zadaci prikladni su za osnovnoškolski i srednjoškolski uzrast te ispituju razumijevanje različitih oblika energije, pretvorbe i očuvanja energije. U Sjedinjenim Američkim Državama su navedeni zadaci ispitani na uzorku od 1000 učenika te je time omogućeno da se provede usporedba rezultata istraživanja na hrvatskim učenicima s rezultatima američkih učenika.

Prije same konstrukcije testa odlučeno je koji će se ishodi vezani uz učeničko razumijevanje oblika, pretvorbe i očuvanja energije ispitivati. Unutar navedenih konceptualnih područja odlučeno je da će se ispitati sljedeće koncepti:

1. kinetička energija
2. gravitacijska potencijalna energija
3. elastična potencijalna energija
4. povezanost unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari
5. povezanost unutarnje energije s brojem i brzinom čestica
6. pretvorbe energije unutar sustava
7. prijenos energije između dva sustava
8. zakon očuvanja energije



Prva tri koncepta se odnose na oblike energije. Iako je unutarnja energija jedan oblik energije, razumijevanje konceptata vezanih uz unutarnju energiju ispitivalo se kao zasebno konceptualno područje. Šesti i sedmi koncept su se odnosili na konceptualno područje vezano uz pretvorbe energije, a zadnji koncept (i konceptualno područje) je zakon očuvanja energije.

Od ukupno 106 zadataka s navedene web stranice izabrana su po dva zadatka za svaki od osam konceptata. Test se sastojao od 16 zadataka višestrukog izbora u kojima je samo jedan odgovor potpuno točan. Ostali odgovori su, u manjoj ili većoj mjeri, nepotpuni ili pogrešni. Zadaci u testu su bili razmješteni tako da zadaci koji ispituju isto područje ne budu blizu jedan drugome. Provedeni test se nalazi u Prilogu A.

Pri odabiru zadataka pazilo se da zadatak ispituje učeničko razumijevanje koncepta koji se ispituje, ali i primjenu ideja vezanih uz taj koncept. Nadalje, kod konstrukcije testa trebalo se uzeti u obzir i neka ograničenja vezana uz koncepte koji su se ispitivali. Neke ideje koje su bile previše tehničke ili previše napredne za dob učenika (posebno osnovne škole) nisu ispitivane u ovom testu. U nastavku su navedene ideje čije se razumijevanje i primjena ispituju u zadacima vezanim uz pojedine koncepte, ali i ograničenja, tj. što se ne očekuje od učenika prilikom rješavanja tih zadataka.

### 2.1.1 Kinetička energija

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Kinetička energija tijela ovisi o brzini i o masi tijela i ovisi samo o te dvije veličine. Kinetička energija ne ovisi o ostalim faktorima, kao na primjer veličini, obliku i materijalu od koje je tijelo napravljeno, ni o smjeru gibanja.
2. Bilo koje tijelo koje se giba ima kinetičku energiju, a kinetička energija tijela koje miruje je jednaka nuli.
3. Ako se brzina tijela povećava (a masa ostaje ista), povećava mu se kinetička energija.
4. Ako se dva tijela gibaju jednakom brzinom, tijelo veće mase ima veću kinetičku energiju.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da znaju ili koriste formulu  $\frac{mv^2}{2}$ . Učenici trebaju razumjeti kvalitativni odnos između veličina (npr. da se kinetička energija tijela povećava ako mu se povećava brzina).

2. Od učenika se ne očekuje da uspoređuju situacije u kojima se mijenjaju i masa i brzina tijela. U usporedbama se uvijek jedna od tih veličina drži stalnom (ili masa ili brzina tijela).
3. Svi zadaci se odnose na gibanje s obzirom na površinu Zemlje. Od učenika se ne očekuje da razmatraju relativna gibanja u odnosu na druga tijela.
4. Svi zadaci se odnose na kinetičku energiju translacije. Od učenika se ne očekuje da znaju druge oblike kinetičke energije kao što su vibracijska kinetička energija i rotacijska kinetička energija.

### 2.1.2 Gravitacijska potencijalna energija

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Gravitacijska potencijalna energija tijela ovisi o udaljenosti tijela od središta Zemlje i o masi tijela. Gravitacijska potencijalna energija ovisi samo o ta dva faktora i ne ovisi o drugim faktorima, kao na primjer o brzini, veličini, obliku ili tvari od koje je tijelo građeno.
2. Povećanjem udaljenosti tijela od središta Zemlje povećava se njegova gravitacijska potencijalna energija (uz pretpostavku da se masa tijela ne mijenja).
3. Ako dva tijela imaju jednaku masu, tijelo čija je udaljenost od središta Zemlje veća ima veću gravitacijsku potencijalnu energiju.
4. Ako su dva tijela jednako udaljena od središta Zemlje, tijelo veće mase ima veću gravitacijsku potencijalnu energiju.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da razumiju značenje pojma „potencijalna“.
2. Od učenika se ne očekuje da znaju ili koriste formulu koja se odnosi na gravitacijsku potencijalnu energiju,  $mgh$ . Učenici trebaju razumjeti kvalitativne odnose između tih veličina.
3. Od učenika se ne očekuje da uspoređuju situacije u kojima se mijenjaju i masa i udaljenost od središta Zemlje.
4. Udaljenost (visina) se odnosi na udaljenost od središta Zemlje. Umjesto udaljenosti od središta Zemlje učenici mogu koristiti udaljenost od neke „referentne točke“ (tj. „referentne ravnine“) koja je najniža ravnina u danom kontekstu (npr. pod).

### 2.1.3 Elastična potencijalna energija

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Elastično tijelo je tijelo koje mijenja oblik kada se rasteže ili sabija i vraća se u svoj prvotni oblik kada se prestane rastezati ili sabijati.
2. Elastično tijelo koje nije rastegnuto ili sabijeno nema elastičnu potencijalnu energiju.
3. Elastična potencijalna energija elastičnog tijela ovisi o tome koliko je tijelo rastegnuto ili sabijeno i koliko ga je teško rastegnuti ili sabiti.
4. Elastična potencijalna energija elastičnog tijela se može povećati rastezanjem ili sabijanjem tijela iz njegova prvobitnog oblika. Što se tijelo više rasteže ili sabija povećava se njegova elastična potencijalna energija.
5. Ako su dva tijela rastegnuta ili sabijena za isti iznos, tijelo koje je teže rastegnuti (sabiti) ima veću elastičnu potencijalnu energiju.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da znaju ili koriste formulu  $\frac{1}{2}kx^2$ . Učenici trebaju razumjeti kvalitativne odnose između tih veličina (npr. da se elastična potencijalna energija povećava ako se tijelo više rastegne ili sabije).
2. Od učenika se ne očekuje da uspoređuju situacije u kojima se mijenjaju i iznos rastezanja ili sabijanja i svojstva tijela.
3. Od učenika se ne očekuje da znaju koja su tijela elastična. U zadacima će se koristiti samo poznati elastični predmeti poput opruga, gumenih traka. Ne očekuje se da učenici znaju krutost određenih materijala ili konstante elastičnosti određenih opruga ili gumenih loptica.
4. U zadacima se tijela neće rastezati ili sabijati toliko da se ne mogu vratiti u prvobitno stanje (plastična deformacija).

### 2.1.4 Povezanost unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Temperatura i masa tijela te tvar od koje je tijelo građeno utječu na unutarnju energiju tijela.

2. Što je veća temperatura nekog tijela to je veća njegova unutarnja energija.
3. Ako su dva tijela napravljena od iste tvari i imaju jednake mase, tijelo na višoj temperaturi ima veću unutarnju energiju.
4. Ako su dva tijela napravljena od iste tvari i na jednakoj temperaturi, tijelo veće mase ima veću unutarnju energiju.
5. Tijela koja su napravljena od različitih tvari mogu imati različitu unutarnju energiju čak i ako imaju istu masu i nalaze se na jednakoj temperaturi.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da znaju ili koriste formule koje su povezane s unutarnjom energijom, kao  $\frac{3}{2}kT$  i  $mc\Delta t$ . Učenici trebaju razlikovati kvalitativne odnose između veličina (npr. da se unutarnja energija tijela povećava ako mu se povećava temperatura).
2. Svi zadaci se odnose na makroskopske objekte, a ne na pojedinačne atome i molekule.
3. Od učenika se ne očekuje da uspoređuju situacije u kojima se mijenja i masa i temperatura tijela.
4. Od učenika se ne očekuje da uspoređuju unutarnju energiju tijela koja su napravljena od različitih tvari.

### 2.1.5 Povezanost unutarnje energije s brojem i brzinom čestica

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Prosječna brzina i broj atoma ili molekula od kojih je tijelo građeno utječu na unutarnju energiju tijela.
2. Unutarnja energija tijela je zbroj kinetičkih energija svih atoma i molekula od kojih je tijelo građeno.
3. Kada se prosječna brzina atoma i molekula tijela poveća, kinetička energija atoma i molekula se također poveća te se time poveća i unutarnja energija tijela. Kada se prosječna brzina atoma i molekula tijela smanji, kinetička energija atoma i molekula se također smanji te se time smanji i unutarnja energija tijela.

4. Ako su dva tijela građena od istih atoma (ili molekula) koji imaju jednake prosječne brzine, tijelo koje ima više atoma (ili molekula) ima veću unutarnju energiju.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da znaju ili koriste formule nego da razumiju kvalitativne odnose između veličina (npr. da se unutarnja energija povećava ako se povećava prosječna brzina atoma i molekula od kojih je tijelo građeno).
2. Od učenika se ne očekuje da znaju da unutarnja energija ovisi i o potencijalnoj energiji između atoma i molekula od kojih je tijelo građeno.

### **2.1.6 Pretvorbe energije unutar sustava**

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Unutar sustava se jedan oblik energije može pretvoriti u jedan ili više drugih oblika energije.
2. Smanjenje jednog oblika energije u sustavu je povezano s povećanjem jednog ili više drugih oblika energije (osim ako se energija prenosi u ili iz sustava). Slično tome, povećanje jednog oblika energije u sustavu je povezano sa smanjenjem jednog ili više drugih oblika energije (osim ako se energija prenosi u ili iz sustava).
3. Svaki oblik energije se može pretvoriti u druge oblike energije i svaki oblik energije može biti rezultat pretvorbe energije iz jednog oblika u drugi.
4. Energija i sila su dva različita koncepta i jedan ne može biti pretvoren u drugi.
5. Pretvorba energije se može dogoditi kada se energija prenosi iz jednog sustava u drugi.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da znaju odnose između energije i rada.
2. Zadaci ispituju pretvorbe energije koje uključuju kinetičku energiju, gravitacijsku i elastičnu potencijalnu energiju te unutarnju energiju.
3. Učenike se neće pitati o pretvorbi energije koja uključuje električnu energiju, kemijsku potencijalnu energiju ili energiju zračenja.

### 2.1.7 Prijenos energije između dva sustava

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Energija se može prenositi pomoću kondukcije kada je toplije tijelo (uključujući tekućine, kao voda, i plinove, kao zrak) u kontaktu s hladnijim. Da bi imali prijenos energije kondukcijom mora postojati razlika temperatura tijela u dodiru. Što je temperaturna razlika veća, veći je iznos energije koja se može prenijeti kondukcijom (uz pretpostavku se masa i vrsta tvari ne mijenjaju). Prijenos energije kondukcijom ide iz toplijeg tijela na hladnije. [Napomena: Govori se o toplijim i hladnijim tijelima, umjesto o tijelima više i niže temperature, jer učenici u osnovnim školama koriste tu terminologiju]
2. Energija se može prenijeti elektromagnetskim zračenjem.
3. Energija se može prenijeti mehanički kada jedno tijelo djeluje nekom silom na drugo tijelo i pritom mu mijenja položaj ili oblik.

Ograničenja u zadacima:

1. U zadacima su korišteni primjeri u kojima je očito da nakon prijenosa energije iz sustava A u sustav B, sustav A ima manje energije, a sustav B više energije nego prije.
2. Od učenika se ne očekuje da znaju da se kondukcija događa zbog sudara atoma.
3. Od učenika se ne očekuje da znaju da su konvekcija i difuzija drugi načini prijenosa energije.

### 2.1.8 Zakon očuvanja energije

Od učenika se očekuje razumijevanje i primjena sljedećih ideja:

1. Bez obzira na to što se događa u sustavu, ukupna količina energije u sustavu ostaje jednaka osim ako se energija dovodi ili odvodi iz sustava, iako se oblici energije mogu promijeniti.
2. Energija se ne može stvoriti ni uništiti, ali može se pretvoriti u drugi oblik energije i/ili prenijeti u drugi sustav.
3. Ako se energija ne dovodi ili odvodi iz sustava, smanjivanje jednog oblika energije uravnoteženo je povećanjem drugog oblika energije, i obrnuto, povećanje jednog oblika energije uravnoteženo je smanjenjem drugog oblika energije.

Ograničenja u zadacima:

1. Od učenika se ne očekuje da kvantitativno prate promjene energije u sustavu.
2. Od učenika se ne očekuje da znaju o pretvorbama mase u energiju, kao i nuklearnim reakcijama.

## 2.2 Ispitanici

Istraživanje je provedeno u četiri osnovne i dvije srednje škole grada Zagreba tijekom prvog polugodišta školske godine 2017/2018. U istraživanju su sudjelovali učenici osmih razreda osnovne škole i trećih razreda srednje škole. Istraživanje se provodilo u osmim razredima osnovne škole budući da su učenici osmih razreda već u sedmom razredu učili sve o energiji. Kako su učenici trećih razreda srednjih škola do trećeg razreda proširili svoje znanje o energiji oni su izabrani da se kod njih provede istraživanje. Ukupan broj sudionika istraživanja je 476, od čega je 252 učenika osnovne škole, a 224 učenika srednje škole. Od 224 učenika srednje škole 105 učenika su učenici opće gimnazije, a 119 učenici tehničke škole.

U svim osnovnim školama program i satnica fizike su jednaki, dva sata tjedno. Premda je program fizike u općoj gimnaziji i tehničkoj školi dosta sličan, postoji razlika u satnici koja je predviđena nastavnim planom Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. U općoj gimnaziji održavaju se dva sata fizike tjedno, dok su u tehničkoj školi predviđena tri sata fizike tjedno od kojih se u jednom satu tjedno održavaju praktične vježbe koje učenici imaju u laboratorijima.

Kako su učenici sjedili u klupama jedan do drugoga, napravljene su dvije grupe testa s istim zadacima samo različitog rasporeda da bi se umanjilo učeničko prepisivanje. Učenici su prije testa bili upozoreni na prepisivanje te da je u zadacima samo jedan točan odgovor, to jest da se zaokružuje samo jedno ponuđeno riješene. Također učenicima je rečeno da slobodno pitaju ako im je potrebno dodatno pojašnjenje zadatka. Pisanje testa trajalo je 20-25 minuta i, ovisno o školi, poslije testa su se s učenicima prokomentirali zadaci. Radi veće motivacije učenici su se na test potpisivali imenom i prezimenom te je u dogovoru s nastavnicima u školi napravljena skala bodovanja testa tako da su najuspješniji učenici mogli dobiti poticajnu ocjenu. Međutim, istraživanje je za javnost anonimno što znači da nigdje neće biti navedena imena učenika i škola.

## 2.3 Analiza podataka

Test se bodovao na sljedeći način. Svaki točno zaokruženi odgovor nosio je jedan bod. Za netočno zaokruženi odgovor nije se dobivao bod, a nije se dobivao niti negativni bod. U

slučaju da je u zadatku zaokruženo više ponuđenih odgovora od kojih je jedan bio točan ili ako nije zaokružen ni jedan od ponuđenih odgovora nije se dobivao bod. Kako je test imao 16 zadataka, najviše se moglo ostvariti 16 bodova. Testovi su ispravljani ručno te je obrada i analiza rezultata napravljena u Excel programu.

Analizom podataka dobiven je uvid u uspjeh na testu za osnovne i srednje škole te postotak točnih odgovora za svaki pojedini zadatak, ali i postotak najčešće izabranih pogrešnih odgovora iz čega dobivamo uvid u učeničke miskoncepcije. Kako bi se usporedili rezultati hrvatskih i američkih učenika podaci o američkim učenicima su uzeti s web stranice AAAS Project 2061. Američki učenici testirani su od šestog do osmog razreda, što odgovara istim razredima u hrvatskim osnovnim školama, te od devetog do dvanaestog razreda, što odgovara prvom do četvrtom razredu hrvatskih srednjih škola. Testiranje u hrvatskim srednjim školama je obuhvaćalo osmi razred osnovne škole te treći razred srednje škole tako da su u prosjeku testirani američki učenici bili mlađi. Kako na web stranici AAAS Project 2061, nisu navedene standardne devijacije uz srednje vrijednosti nije se mogla provesti statistička usporedba hrvatskih i američkih učenika. Stoga je napravljena vizualna usporedba na temelju intervala pouzdanosti (eng. *confidence interval*, CI). Intervali pouzdanosti su određeni samo za hrvatske učenike, a za američke učenike je uzeto da su intervali pouzdanosti približno dva puta manji nego za hrvatske učenike, jer je broj američkih učenika 4-5 puta veći od broja hrvatskih učenika. Ako se intervali pouzdanosti ne preklapaju, razlika je statistički značajna, a ako se preklapaju ne može se odrediti postoji li statistički značajna razlika.

Kod obrade podataka korištena je analiza varijance (ANOVA – eng. *analysis of variance*). Ova statistička metoda uspoređuje aritmetičke sredine više uzoraka te pomaže pri donošenju zaključka o postojanju razlika između aritmetičkih sredina odgovarajućih populacija. Analiza varijance analizira utjecaj jedne ili više kategorija (nezavisnih) varijabli na jednu numerički kontinuiranu (zavisnu) varijablu. Pri obradi podataka korištena je analiza varijance s dva faktora i ponovljenim mjerenjima na jednom od faktora (eng. *Two-Factor ANOVA with Repeated Measures on One Factor*) [14].

Kod obrade podataka se također koristio *t*-test. *t*-test je statistički postupak za određivanje statističke značajnosti razlike između dva uzorka, to jest između dvije aritmetičke sredine. Pri obradi podataka koristio se *t*-test za dva uzorka, gdje uzorci mogu biti zavisni ili nezavisni (eng. *Two-Sample t-Test for Independent or Correlated Samples*). I kod analize varijance i kod *t*-testa promatrana je *p* vrijednost. Vrijednost *p* je vjerojatnost odbacivanja istinitosti nulte hipoteze. Ako je vrijednost *p* manja od razine značajnosti koja se standardno uzima da je jednaka 0.05, tada se nulta hipoteza odbacuje, prihvaća se alternativna hipoteza i zaključuje da postoji statistički značajna razlika između uzoraka. Ako je vrijednost *p* veća od razine značajnosti 0.05, tada se nulta hipoteza prihvaća i zaključuje se da ne postoji statistički značajna razlika između promatranih uzoraka [10].

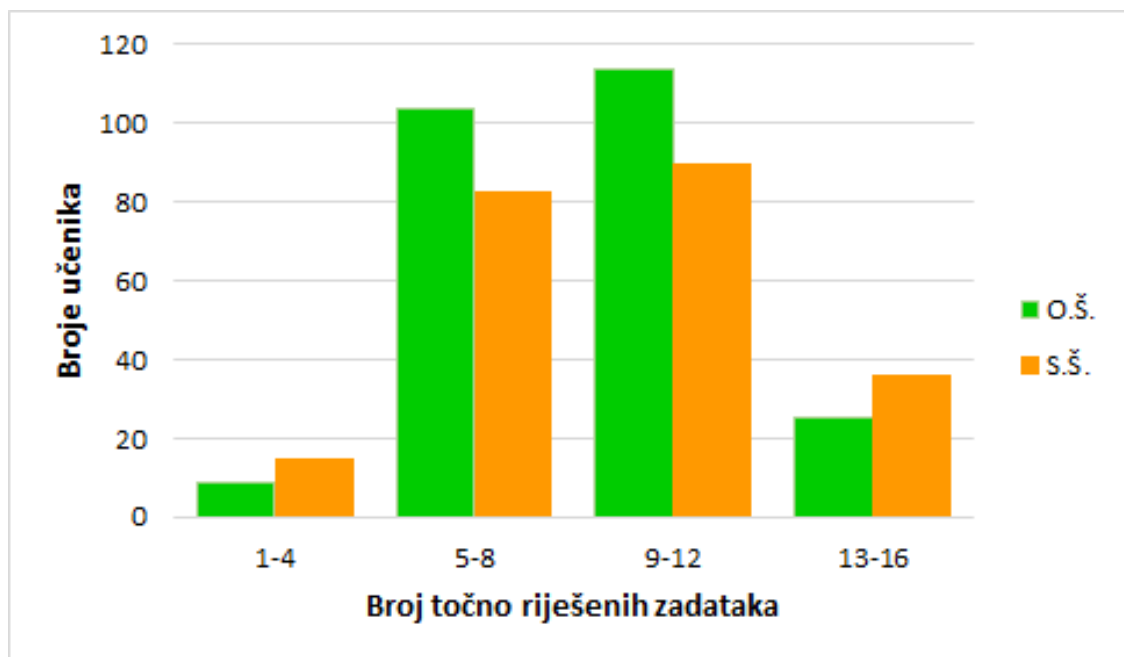


## Poglavlje 3

# Rezultati i diskusija

### 3.1 Raspodjela po broju riješenih zadataka

U donjem grafu (Slika 3.1) prikazana je raspodjela učenika po broju riješenih zadataka za osmi razred osnovne škole i treći razred srednje škole.



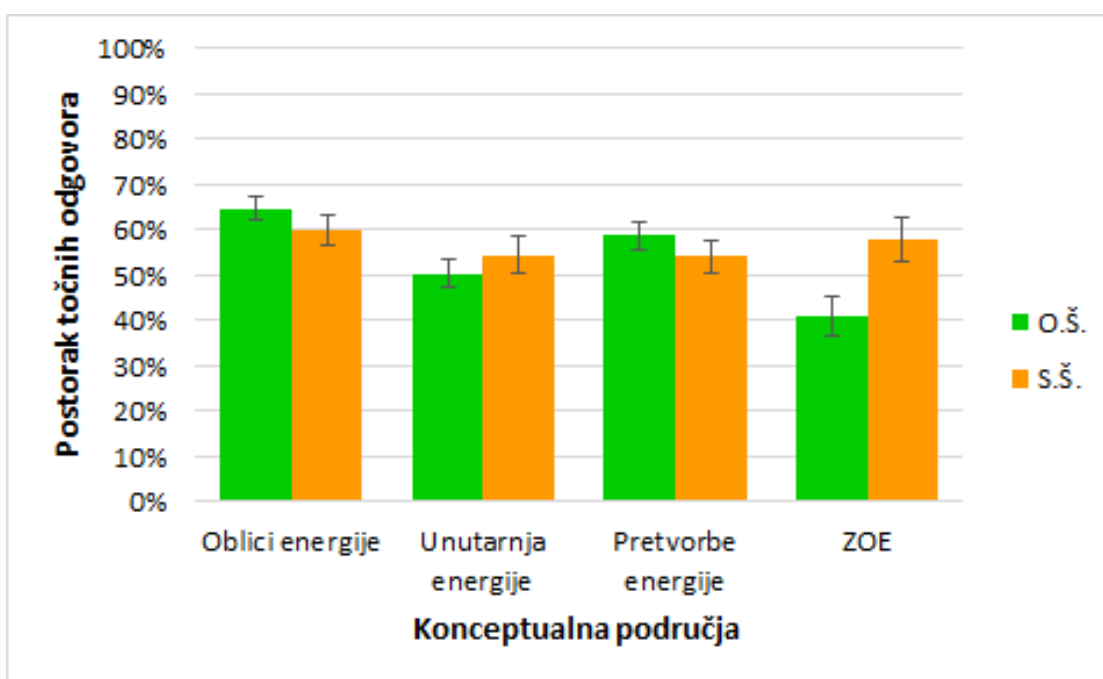
Slika 3.1: Raspodjela učenika po broju točno riješenih zadataka

Iz grafa se može uočiti da u obje grupe imamo približno normalne raspodjele te da se sredine raspodjela poklapaju što ukazuje na to da su točke presjeka slične. Važno je

napomenuti da je kod provedbe testiranja u osnovnoj školi testirano 32 učenika više nego u srednjoj školi te je stoga „visina“ te raspodjele veća (Slika 3.1). Učenici osmih razreda osnovne škole su postigli ( $9.1 \pm 2.7$ ) bodova na testu, a učenici trećih razreda srednjih škola ( $9.1 \pm 3.2$ ) bodova. Očito je da nema razlike između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, a to je potvrdio i  $t$ -test ( $t(474) = 0.12, p = 0.91$ ).

### 3.2 Usporedba po konceptualnim područjima i dobi učenika

U provedenom testu se ispitivalo učničko razumijevanje različitih koncepata vezanih uz energiju. Ti koncepti su podijeljeni u četiri skupine: različiti oblici energije (kinetička energija, gravitacijska potencijalna energija i elastična potencijalna energija), unutarnja energija, pretvorbe energije, zakon očuvanja energije. Napravljena je usporedba učničkih rezultata po tim konceptualnim područjima i po dobi učenika. U priloženom grafu (Slika 3.2) prikazane su srednje vrijednosti riješenosti zadataka za svako od promatranih konceptualnih područja. Vertikalne crtice na grafu (engl. *Error bars*) predstavljaju intervale pouzdanosti (95%).



Slika 3.2: Postotak točnih odgovora po konceptualnim područjima i dobi učenika

Kako se želi vidjeti postoji li statistički značajna razlika između ispitanika različite dobi za različita konceptualna područja, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *konceptualno područje* (oblici energije, unutarinja energija, pretvorbe energije i zakon očuvanja energije) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponovljenim mjerenjima na faktoru *konceptualno područje*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.1:

Tablica 3.1: Rezultati analize varijance za usporedbu po konceptualnom području i dobi učenika

<b>FAKTOR</b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>p</i></b>
Konceptualno područje	26.83	< 0.0001
Dob učenika	2.73	0.1
Interakcija konceptualnog područja i dobi učenika	20.83	< 0.0001

Rezultat analize varijance pokazuje da dob učenika ne utječe na postotak točnih odgovora, dok faktor konceptualno područje statistički značajno utječe na rezultate. Iz analize varijanci se može uočiti da je interakcija dvaju faktora statistički značajna. Dakle, različita dob učenika utječe na njihov rezultat iz različitih konceptualnih područja.

Također napravljena je usporedba po dobi unutar svakog konceptualnog područja (Tablica 3.2) i međusobna usporedba po konceptualnim područjima (Tablica 3.3) pomoću *t*-testa.

Tablica 3.2: Rezultati *t*-testa za usporedbu po dobi unutar svakog konceptualnog područja

<b>Konceptualno područje</b>	<b><i>t</i>(474)</b>	<b><i>p</i></b>
Oblici energije	2.30	0.02
Unutarinja energija	1.65	0.10
Pretvorbe energije	1.89	0.06
Zakon očuvanja energije	5.06	< 0.0001

Iz Tablice 3.2 se može uočiti da za konceptualna područja Oblici energije i Zakona očuvanja energije postoji razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, dok za konceptualna područja Unutarinja energija i Pretvorbe energije nema razlike između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola. Učenici osnovne škole su bolje riješili zadatke iz konceptualnog područja Oblici energije, a učenici srednje škole su značajno bolje riješili zadatke sa zakonom očuvanja energije. Ovi rezultati su u skladu s rezultatima prijašnjih istraživanja [9, 8].

Tablica 3.3 pokazuje da je razlika između konceptualnog područja Oblici energije i ostalih konceptualnih područja statistički značajna. Kod usporedbe konceptualnih područja

Unutarnja energija i Pretvorbe energije pomoću  $t$ -testa se može uočiti da postoji razlika u riješenosti ta dva konceptualna područja, dok kod usporedbe konceptualnih područja Unutarnja energija i Zakon očuvanja energije  $t$ -test pokazuje da ne postoji razlika u riješenosti ta dva konceptualna područja. I na kraju, možemo iz Tablice 3.3 uočiti da je razlika između konceptualnih područja Pretvorbe energije i Zakon očuvanja energije statistički značajna. Ukupno, ovi rezultati pokazuju da su učenici najbolje riješili zadatke iz konceptualnog područja Oblici energije, zatim iz Pretvorbe energije, a najlošije su riješeni zadaci iz konceptualnih područja Unutarnja energija i Zakon očuvanja energije. Ovi rezultati su u skladu s rezultatima istraživanja Herrmann-Abell i DeBoer [8].

Tablica 3.3: Rezultati  $t$ -testa za međusobnu usporedbu po konceptualnim područjima

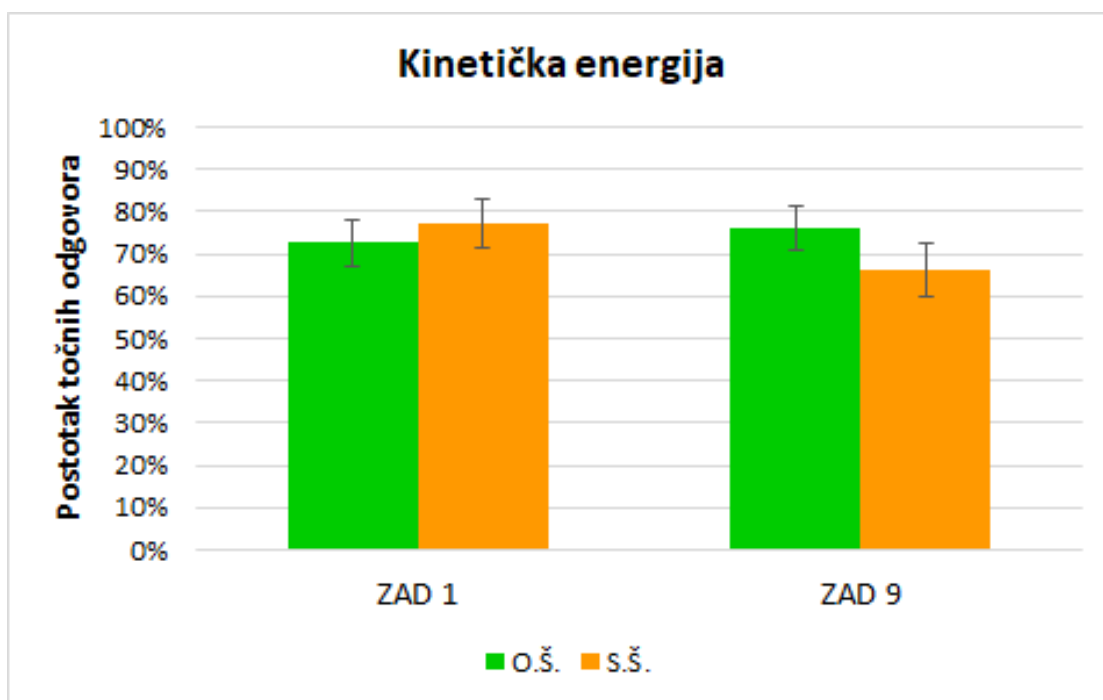
Konceptualno područje	$t(475)$	$p$
Oblici energije - Unutarnja energija	7.30	< 0.0001
Oblici energije - Pretvorbe energije	4.66	< 0.0001
Oblici energije - Zakon očuvanja energije	7.78	< 0.0001
Unutarnja energija - Pretvorbe energije	2.83	0.005
Unutarnja energija - Zakon očuvanja energije	1.70	0.09
Pretvorbe energije - Zakon očuvanja energije	4.02	< 0.0001

### 3.3 Usporedba zadataka po konceptima

Svaki koncept ispitan je s dva zadatka. U nastavku je dana analiza po pojedinim konceptima koji su istraživani u ovom radu.

#### 3.3.1 Kinetička energija

Sljedeći graf (Slika 3.3) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz kinetičku energiju u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.3: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz kinetičku energiju u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (1 ili 9) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.4.

Tablica 3.4: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz kinetičku energiju

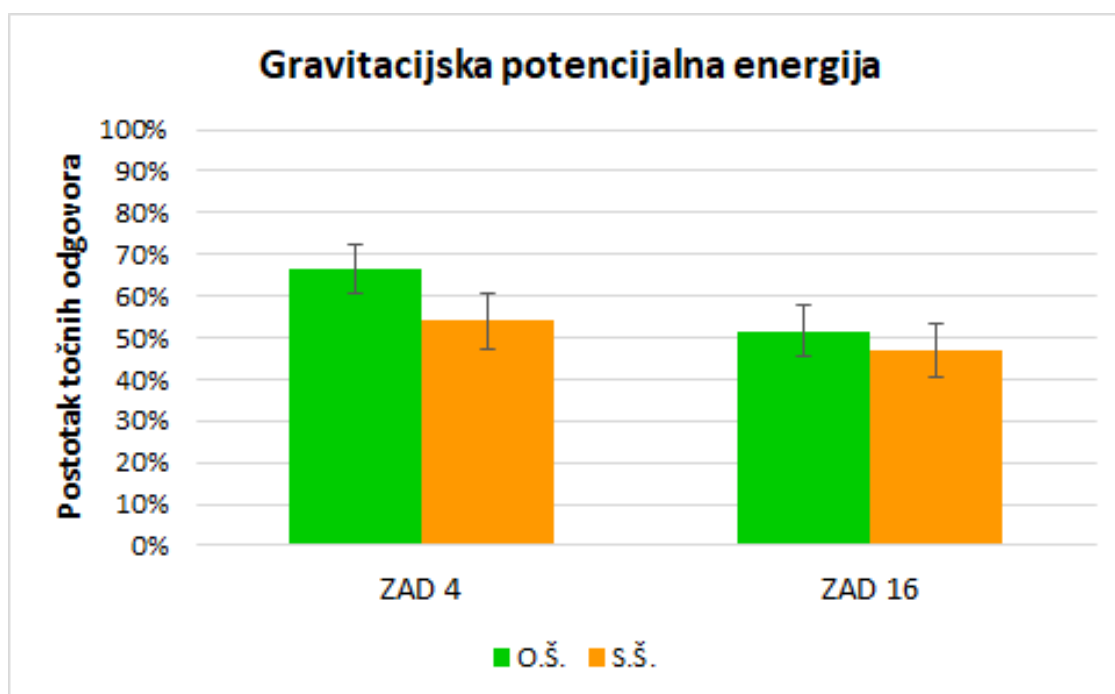
FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Zadatak	1.50	0.22
Dob učenika	0.86	0.35
Interakcija zadatka i dobi učenika	7.17	0.008

Rezultat analize varijance pokazuje da ni faktor *zadatak* ni faktor *dob učenika* ne utječe na postotak točnih odgovora, tj. niti jedan od faktora statistički ne utječu na rezultate. Iz analize varijanci se može uočiti da je interakcija dvaju faktora statistički značajna što nam govori da različita dob utječe na riješenost različitih zadataka.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i  $t$ -testovi.  $t$ -test za prvi zadatak pokazuje da nema razlike između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 1.16, p = 0.25$ ), dok za deveti zadatak  $t$ -test pokazuje da postoji razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 2.45, p = 0.015$ ). Dakle, možemo reći da su učenici osnovnih škola bolje riješili deveti zadatak od učenika srednjih škola.

### 3.3.2 Gravitacijska potencijalna energija

Sljedeći graf (Slika 3.4) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz gravitacijsku potencijalnu energiju u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.4: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz gravitacijsku potencijalnu energiju u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (4 ili 16) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.5.

Tablica 3.5: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz gravitacijsku potencijalnu energiju

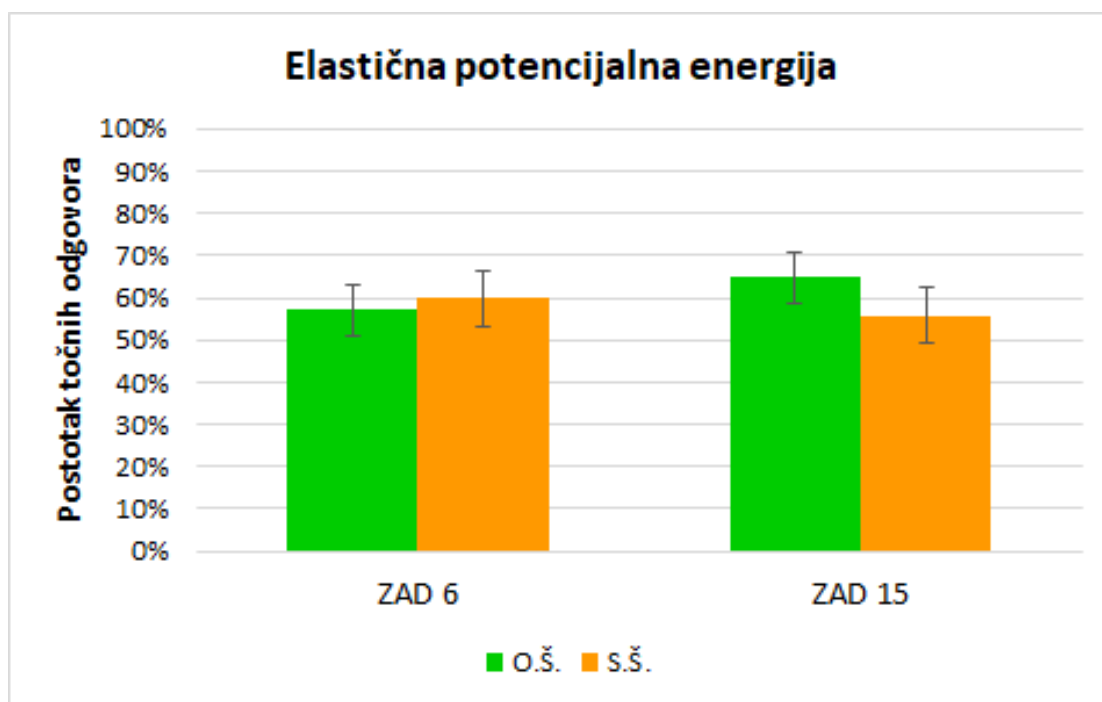
<b>FAKTOR</b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>p</i></b>
Zadatak	15.30	0.0001
Dob učenika	6.17	0.01
Interakcija zadatka i dobi učenika	1.85	0.17

Rezultat analize varijance pokazuje da i faktor *zadatak* i faktor *dob učenika* utječe na postotak točnih odgovora, tj. oba dva faktora statistički utječu na rezultate. Dakle, može se zaključiti da je šesnaesti zadatak teži od četvrtog, i da su učenici osnovnih škola bolje riješili zadatke vezane uz gravitacijsku potencijalnu energiju od učenika srednjih škola. Iz analize varijanci se može uočiti da interakcija dvaju faktora nije statistički značajna.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i *t*-testovi. *t*-test za četvrti zadatak pokazuje da postoji razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 2.84$ ,  $p = 0.0047$ ), dok za šesnaesti zadatak *t*-test pokazuje da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 1.03$ ,  $p = 0.3$ ). Dakle, možemo reći da su učenici osnovnih škola bolje riješili četvrti zadatak od učenika srednjih škola.

### 3.3.3 Elastična potencijalna energija

Sljedeći graf (Slika 3.5) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz elastičnu potencijalnu energiju u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.5: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz elastičnu potencijalnu energiju u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (6 ili 15) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.6.

Tablica 3.6: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz elastičnu potencijalnu energiju

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Zadatak	0.45	0.49
Dob učenika	0.92	0.34
Interakcija zadatka i dobi učenika	3.45	0.07

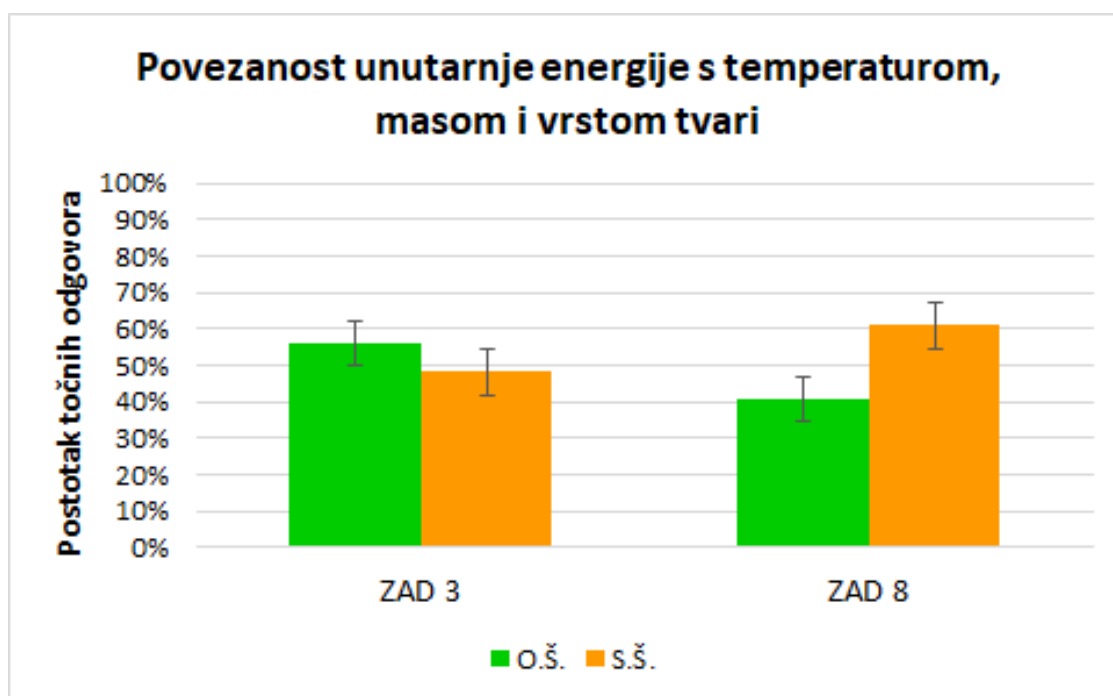
Rezultat analize varijance pokazuje da ni faktor *zadatak* ni faktor *dob učenika* ne utječe na postotak točnih odgovora, tj. niti jedan od faktora statistički ne utječu na rezultate. Iz analize varijanci se može uočiti da interakcija dvaju faktora nije statistički značajna.



Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i  $t$ -testovi.  $t$ -test za šesti ( $t(474) = 0.59$ ,  $p = 0.56$ ) i petnaesti zadatak ( $t(474) = 1.98$ ,  $p = 0.05$ ) pokazuju da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola.

### 3.3.4 Povezanost unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari

Sljedeći graf (Slika 3.6) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz povezanost unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.6: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz povezivanje unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (3 ili 8) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.7.

Tablica 3.7: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz povezivanje unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari

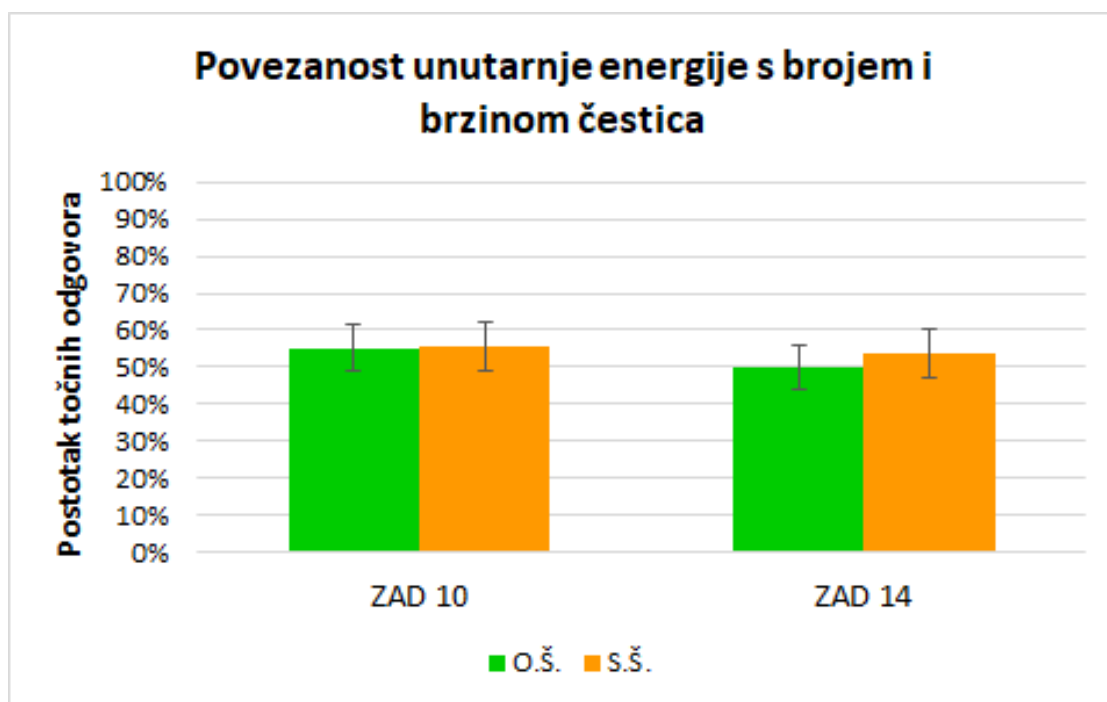
FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Zadatak	0.46	0.50
Dob učenika	4.13	0.04
Interakcija zadatka i dobi učenika	19.96	< 0.0001

Rezultat analize varijance pokazuje da faktor *zadatak* ne utječe na postotak točnih odgovora, dok faktor *dob učenika* statistički značajno utječe na rezultate. Učenici srednjih škola su bolje riješili zadatke vezane uz povezivanje unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari od učenika osnovnih škola. Iz analize varijanci se može uočiti da je interakcija dvaju faktora statistički značajna što nam govori da različita dob utječe na riješenost različitih zadataka.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i *t*-testovi. *t*-test za treći zadatak pokazuje da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 1.69$ ,  $p = 0.09$ ), dok za osmi zadatak *t*-test pokazuje da postoji razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 4.59$ ,  $p < 0.0001$ ). Dakle, možemo reći da su učenici srednjih škola bolje riješili osmi zadatak od učenika osnovnih škola.

### 3.3.5 Povezanost unutarnje energije s brojem i brzinom čestica

Sljedeći graf (Slika 3.7) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz povezanost unutarnje energije s brojem i brzinom čestica u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.7: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz povezivanje unutarnje energije s brojem i brzinom čestica u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (10 ili 14) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.8.

Tablica 3.8: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz povezivanje unutarnje energije s brojem i brzinom čestica

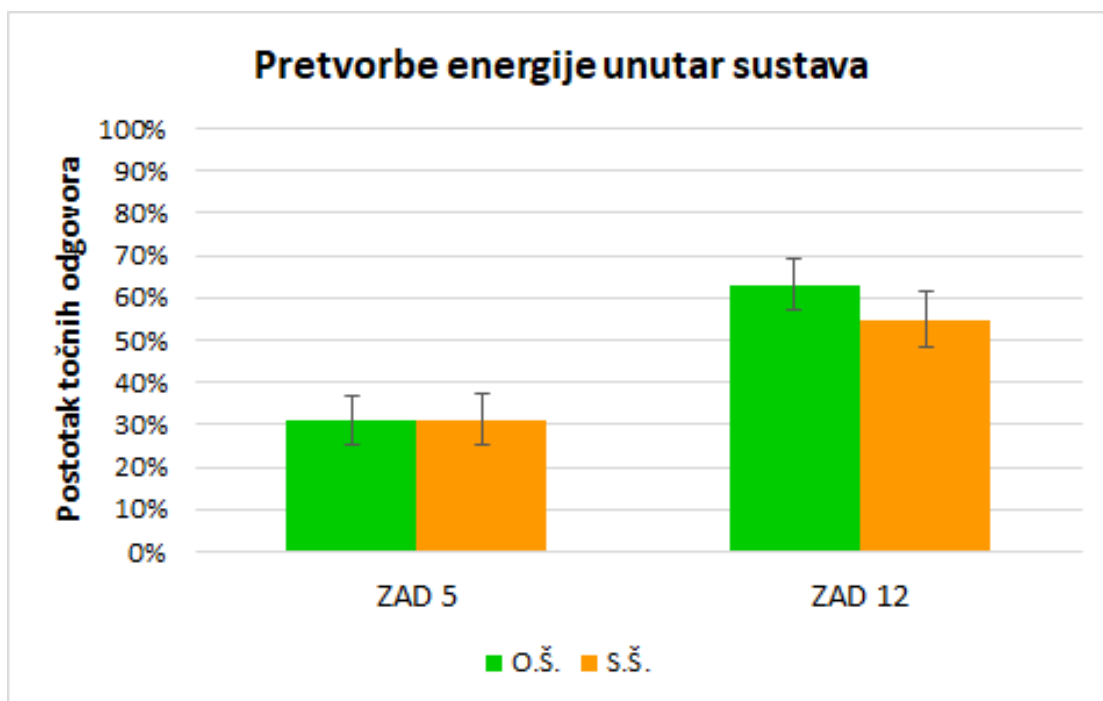
<b>FAKTOR</b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>p</i></b>
Zadatak	1.43	0.23
Dob učenika	0.28	0.60
Interakcija zadatka i dobi učenika	0.33	0.57

Rezultat analize varijance pokazuje da i faktor *zadatak* i faktor *dob učenika* ne utječe na postotak točnih odgovora, tj. oba dva faktora statistički ne utječu na rezultate. Iz analize varijanci se može uočiti da interakcija dvaju faktora nije statistički značajna.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i *t*-testovi. *t*-test za deseti ( $t(474) = 0.04$ ,  $p = 0.98$ ) i četrnaesti zadatak ( $t(474) = 0.78$ ,  $p = 0.44$ ) pokazuju da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola.

### 3.3.6 Pretvorbe energije unutar sustava

Sljedeći graf (Slika 3.8) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz pretvorbu energije unutar sustava u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.8: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz pretvorbe energije unutar sustava u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (5 ili 12) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.9.

Tablica 3.9: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz pretvorbe energije unutar sustava

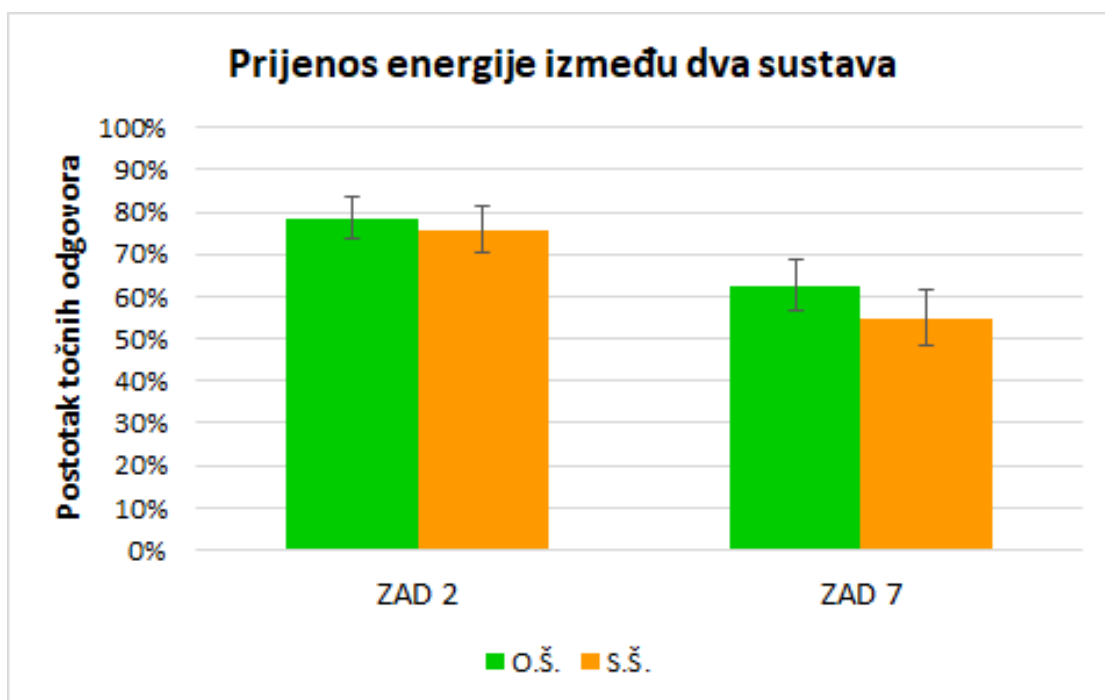
<b>FAKTOR</b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>p</i></b>
Zadatak	82	< 0.0001
Dob učenika	1.61	0.21
Interakcija zadatka i dobi učenika	1.87	0.17

Rezultat analize varijance pokazuje da faktor *zadatak* utječe na postotak točnih odgovora, dok faktor *dob učenika* statistički značajno ne utječe na rezultate. Dakle, može se zaključiti da je peti zadatak teži od dvanaestog. Iz analize varijanci se može uočiti da interakcija dvaju faktora nije statistički značajna.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i *t*-testovi. *t*-test za peti ( $t(474) = 0.07$ ,  $p = 0.94$ ) i dvanaesti zadatak ( $t(474) = 1.82$ ,  $p = 0.07$ ) pokazuju da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola.

### 3.3.7 Prijenos energije između dva sustava

Sljedeći graf (Slika 3.9) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz prijenos energije između dva sustava u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.9: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz prijenos energije između dva sustava u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (2 ili 7) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.10.

Tablica 3.10: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz prijenos energije između dva sustava

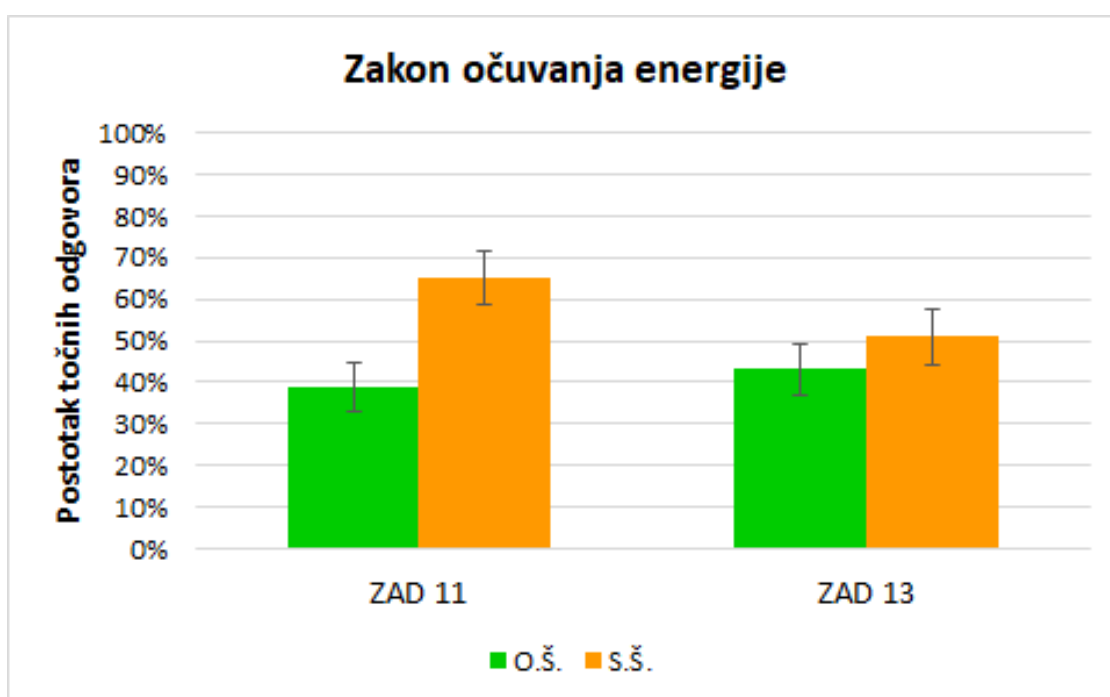
FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Zadatak	46.76	< 0.0001
Dob učenika	2.60	0.11
Interakcija zadatka i dobi učenika	0.88	0.35

Rezultat analize varijance pokazuje da faktor *zadatak* utječe na postotak točnih odgovora, dok faktor *dob učenika* statistički značajno ne utječe na rezultate. Dakle, može se zaključiti da je sedmi zadatak teži od drugog. Iz analize varijanci se može uočiti da interakcija dvaju faktora nije statistički značajna.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i  $t$ -testovi.  $t$ -test za drugi ( $t(474) = 0.7, p = 0.48$ ) i sedmi zadatak ( $t(474) = 1.73, p = 0.08$ ) pokazuju da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola.

### 3.3.8 Zakon očuvanja energije

Sljedeći graf (Slika 3.10) prikazuje postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz zakon očuvanja energije u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj s pripadnim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.10: Postotak točnih odgovora u zadacima vezanim uz zakon očuvanja energije u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj

Da bi vidjeli postoji li statistički značajna razlika između grupe ispitanika i koncepta koji zadaci ispituju, provedena je analiza varijance. Analiza varijance provedena je s dva faktora – *zadatak* (11 ili 13) i *dob učenika* (osnovna i srednja škola), s ponavljanjem na faktoru *zadatak*. Rezultati analize varijance su dani u Tablici 3.11.

Tablica 3.11: Rezultati analize varijance za zadatke vezane uz zakon očuvanja energije

FAKTOR	<i>F</i>	<i>p</i>
Zadatak	2.09	0.15
Dob učenika	25.30	< 0.0001
Interakcija zadatka i dobi učenika	9.36	0.002

Rezultat analize varijance pokazuje da faktor *zadatak* ne utječe na postotak točnih odgovora, dok faktor *dob učenika* statistički značajno utječe na rezultate. Učenici srednjih škola su bolje riješili zadatke vezane uz zakon očuvanja energije od učenika osnovnih škola. Iz analize varijanci se može uočiti da je interakcija dvaju faktora statistički značajna što nam govori da različita dob utječe na riješenost različitih zadataka.

Da bi se usporedila riješenost dvaju zadataka, napravljeni su i *t*-testovi. *t*-test za jedanaesti zadatak pokazuje da postoji razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 5.92, p < 0.0001$ ), dok za trinaesti zadatak *t*-test pokazuje da nema razlika između rezultata učenika osnovnih i srednjih škola, ( $t(474) = 1.67, p = 0.09$ ). Dakle, možemo reći da su učenici srednjih škola bolje riješili jedanaesti zadatak od učenika osnovnih škola.

### 3.4 Obrada po pojedinim zadacima

U nastavku je dana analiza po pojedinim zadacima i usporedba rezultata hrvatskih i američkih učenika osnovnih i srednjih škola.

#### 3.4.1 Zadatak 1

*Dva tijela se gibaju jednakom brzinom. Tijela imaju različite iznose kinetičke energije. Što od ponuđenog mora biti točno?*

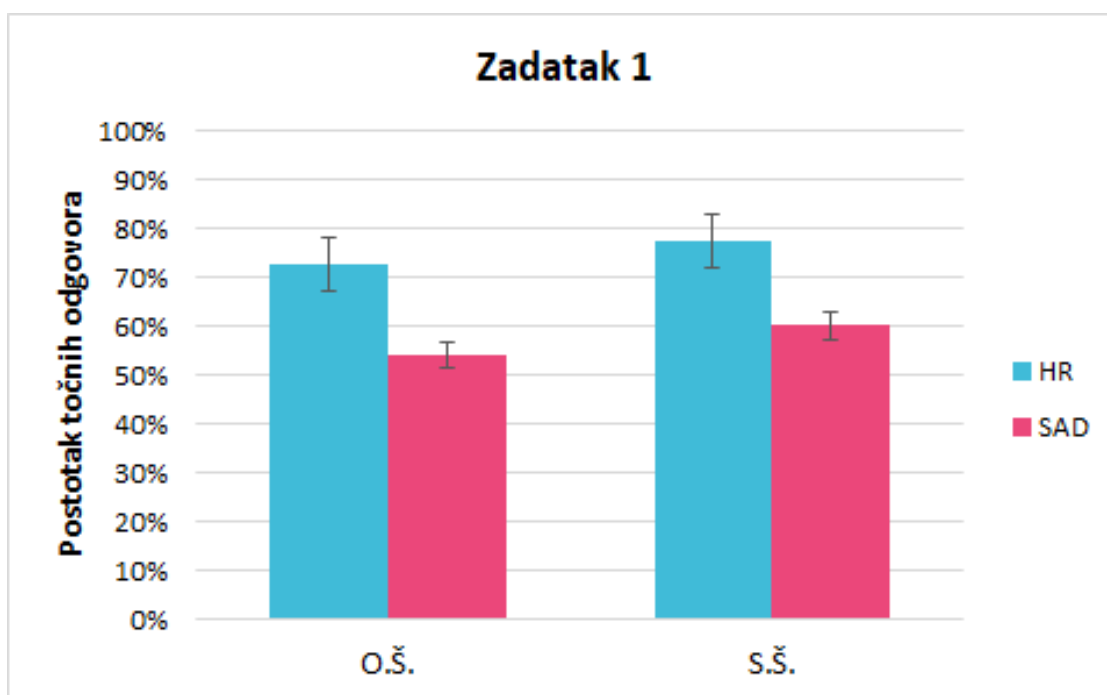
- A. Tijela su različitih veličina.
- B. Tijela imaju različite oblike.
- C. Tijela imaju različite mase.
- D. Tijela su napravljena od različitih materijala.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *u slučaju da se tijela gibaju jednakom brzinom (većom od nule) tijelo koje ima veću kinetičku energiju ima veću masu, a tijelo koje ima manju kinetičku energiju ima i manju masu*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak



treba razumjeti o čemu ovisi kinetička energija i u kojem odnosu su te veličine. Točan odgovor prvog zadatka je odgovor C.

Sljedeći graf (Slika 3.11) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.11: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 1

Iz grafa (Slika 3.11) se vidi da je više od 70% učenika osnovnih i srednjih škola točno odgovorilo na prvi zadatak. Valja uočiti da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u te pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.12) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj. U tablici se nalaze i postotci pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Kod ispravljanja testova uočeno je da su neki učenici ostavljali neke zadatke nezaokružene ili da su zaokružili više od jednog odgovora. Postotak takvih učenika stavljen je u kategoriju *OSTALI*.

Tablica 3.12: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 1

Zadatak 1	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
A	5%	6%	20%	17%
B	6%	8%	8%	10%
C	75%	77%	54%	60%
D	15%	8%	18%	12%
OSTALO	2%	0%	/	/

Iz Tablice 3.12 vidi se da je 73% učenika osnovnih i 77% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na prvi zadatak. Od pogrešnih odgovora u osnovnim školama je najčešće bio zaokružen odgovor D kojeg je zaokružilo 15% učenika, a u srednjoj školi odgovori B i D koje je zaokružilo 8% učenika. Odgovor B je u osnovnoj školi zaokružilo 6% učenika, dok je odgovor A u osnovnoj školi zaokružilo 5% učenika, a u srednjoj školi 6% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor A:

- Kinetička energija tijela ovisi njegovoj veličini.

Miskoncepcija za odgovor B:

- Kinetička energija tijela ovisi o njegovom obliku.

Miskoncepcija za odgovor D:

- Kinetička energija tijela ovisi o tvari od koje je tijelo građeno.

Iz Tablice 3.12 je vidljivo da su netočni odgovori u srednjoj školi približno jednako raspodijeljeni na A, B, D dok je u osnovnoj školi najveći udio netočnih odgovora D što upućuje na to je u osnovnoj školi najviše prisutna miskoncepcija da kinetička energija tijela ovisi o tvari od koje je tijelo građeno. Također se može primijetiti da učenici osnovnih i srednjih škola u SAD-u u većem postotku imaju miskoncepciju da kinetička energija tijela ovisi o njegovoj veličini.

### 3.4.2 Zadatak 2

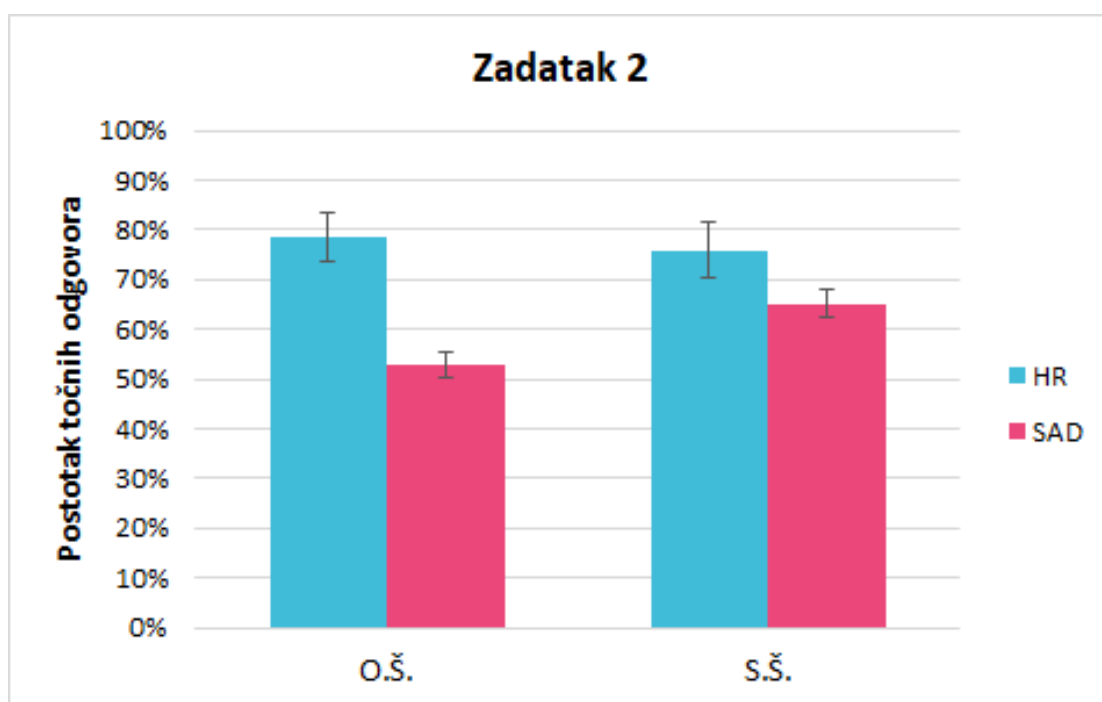
*Dječak ima dva jednaka kolačića od kojih je jedan kolačić vruć, a drugi je kolačić iste temperature kao i zrak u sobi. On stavi oba kolačića na hladan tanjur. Koji će kolačić prenijeti više topline tanjuru? Zašto?*

A. Vrući kolačić će prenijeti više topline jer samo vruća tijela prenose toplinu.

- B. Vrući kolačić će prenijeti više topline jer je temperaturna razlika između vrućeg kolačića i hladnog tanjura veća nego temperaturna razlika između kolačića na sobnoj temperaturi i hladnog tanjura.
- C. Oba kolačića prenose jednaku količinu topline jer su oba jednake veličine, i količina prenesene topline ovisi o veličini, a ne o temperaturi.
- D. Nijedan kolačić ne prenosi toplinu na tanjur, nego se prenosi hladnoća s tanjura na kolačiće.

Ovim zadatkom se ispituje učenička primjena ideje da mora postojati temperaturna razlika između tijela u dodiru da bi imali prijenos energije kondukcijom. Dakle, da učenik odgovori točno na ovo pitanje mora razumjeti da što je temperaturna razlika veća, veći je iznos energije koji se može prenijeti kondukcijom. Točan odgovor drugog zadatka je odgovor B.

Sljedeći graf (Slika 3.12) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.12: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 2

Iz grafa (Slika 3.12) se vidi da više od 75% učenika osnovnih i srednjih škola točno odgovorilo na drugi zadatak. Vidljivo je da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u te pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.13) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.13: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 2

Zadatak 2	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
A	10%	8%	23%	16%
<b>B</b>	<b>79%</b>	<b>76%</b>	<b>53%</b>	<b>65%</b>
C	3%	6%	12%	11%
D	8%	10%	12%	8%
<b>OSTALO</b>	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.13 vidi se da je 79% učenika osnovnih i 76% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na drugi zadatak. Od pogrešnih odgovora u osnovnim školama je najčešće bio zaokružen odgovor A kojeg je zaokružilo 10% učenika, a u srednjoj školi odgovor D kojeg je zaokružilo 10% učenika. Odgovor C je u osnovnoj školi zaokružilo 3% učenika, dok je odgovor D u osnovnoj školi zaokružilo 5% učenika. U srednjoj školi je odgovor A zaokružilo 8% učenika, a odgovor C 6% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskonceptije.

Miskonceptija za odgovor A:

- Samo vruća ili topla tijela prenose energiju.

Miskonceptija za odgovor D:

- Kada su hladno i toplo tijelo u kontaktu jedno s drugim, toplije tijelo postaje hladnije, a hladnije toplije jer „hladnoća“ se prenosi s tijela na tijelo.

Iz Tablice 3.13 je vidljivo da u ovom zadatku učenici iz hrvatskih škola u manjem postotku iskazuju miskonceptije vezane uz prijenos energije između dva sustava, dok učenici osnovnih i srednjih škola u SAD-u u većem postotku imaju miskonceptiju da samo topla tijela prenose energiju.

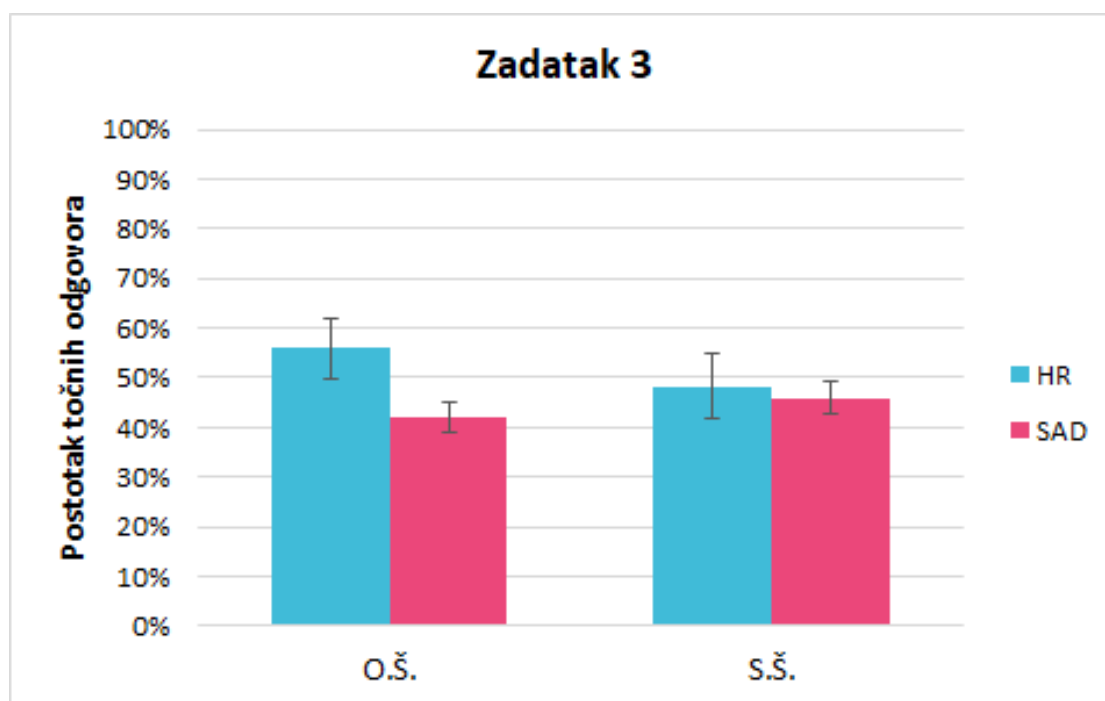
### 3.4.3 Zadatak 3

O čemu ovisi unutarnja energija tijela?

- A. I o masi i o temperaturi tijela.
- B. O masi tijela, ali ne i o temperaturi tijela.
- C. O temperaturi tijela, ali ne i o masi tijela.
- D. Ni o masi ni o temperaturi tijela.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *temperatura i masa tijela te tvar od koje je tijelo građeno utječu na unutarnju energiju tijela*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak potrebno je da zna o čemu ovisi unutarnja energija. Točan odgovor trećeg zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.13) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.13: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 3

Iz grafa (Slika 3.13) je vidljivo da je oko 50% učenika osnovnih škola točno dogovorilo na treći zadatak, dok je na treći zadatak u srednjim školama točno odgovorilo nešto manje od 50% učenika. Također je vidljivo da učenici osnovnih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih škola u SAD-u, dok učenici srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u imaju podjednak postotak točno zaokruženih odgovora. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika za učenike osnovnih škola vjerojatno statistički značajna, dok za učenike srednjih škola vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.14) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.14: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 3

Zadatak 3	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	56%	48%	42%	46%
<b>B</b>	20%	10%	12%	11%
<b>C</b>	17%	36%	35%	33%
<b>D</b>	7%	5%	11%	10%
<b>OSTALO</b>	1%	0%	/	/

Iz Tablice 3.14 vidi se da je 56% učenika osnovnih i 48% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na treći zadatak. Ovdje je vidljivo da su učenici osnovnih škola postigli nešto bolji rezultat od učenika srednjih škola. Od pogrešnih odgovora u osnovnim školama je najčešće bio zaokružen odgovor B kojeg je zaokružilo 20% učenika, a u srednjoj školi odgovor C kojeg je zaokružilo 36% učenika. Odgovor C je u osnovnoj školi zaokružilo 17% učenika, dok je odgovor D u osnovnoj školi zaokružilo 7% učenika. U srednjoj školi je odgovor B zaokružilo 10% učenika, a odgovor D 5% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor B:

- Unutarnja energija tijela nije povezana s temperaturom tijela.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Unutarnja energija tijela nije povezana s masom tijela.

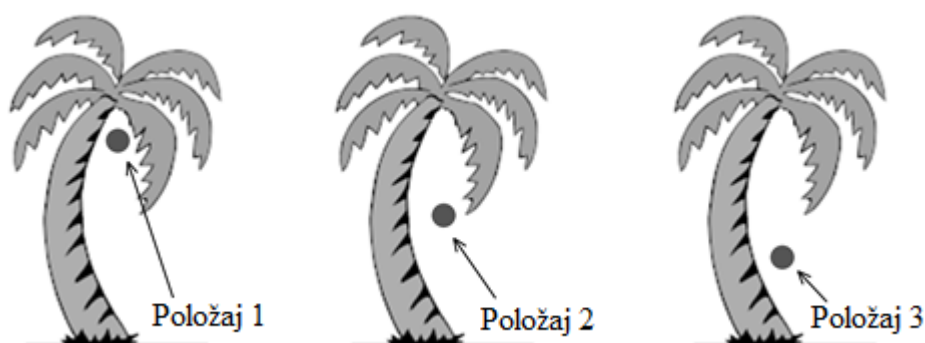
Miskoncepcija za odgovor D:

- Unutarnja energija tijela nije povezana s temperaturom tijela.
- Unutarnja energija tijela nije povezana s masom tijela.

Iz Tablice 3.14 je vidljivo da prelaskom iz osnovne u srednju školu u Hrvatskoj imamo promjenu miskoncepcija, dok učenici osnovnih i srednjih škola u SAD-u u većem postotku imaju miskoncepciju da unutarnja energija tijela nije povezana s masom tijela.

### 3.4.4 Zadatak 4

*Kokos pada s palme.*

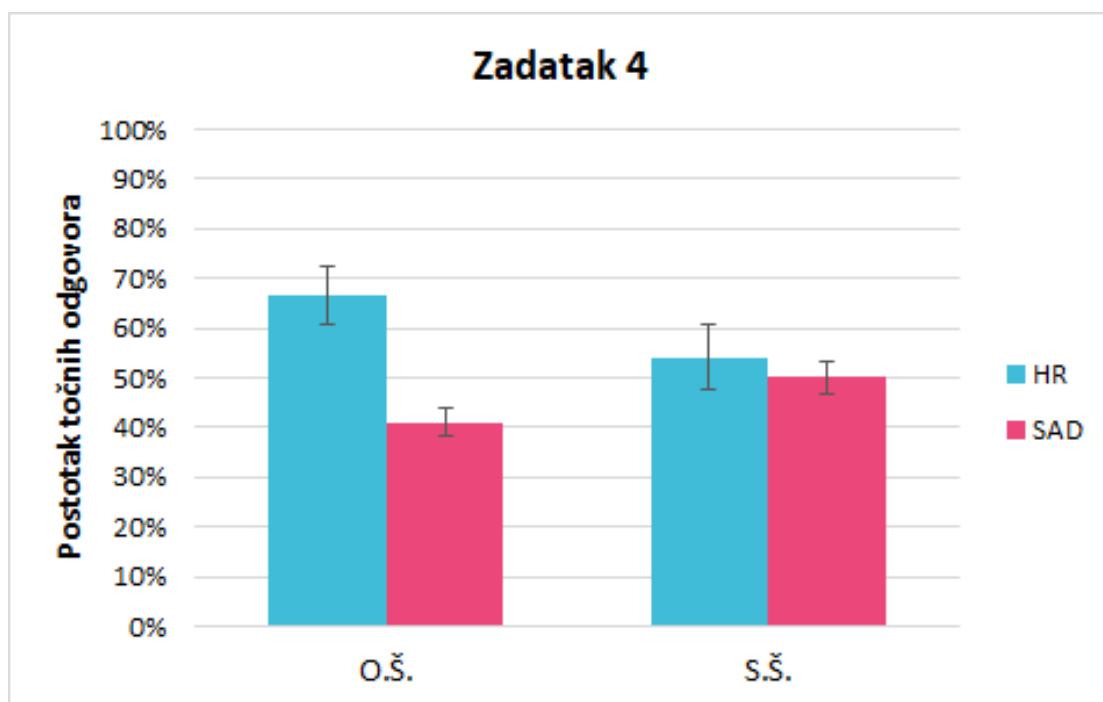


*Kada kokos ima najveću gravitacijsku potencijalnu energiju?*

- A. *Kada je kokos u položaju 1.*
- B. *Kada je kokos u položaju 2.*
- C. *Kada je kokos u položaju 3.*
- D. *Kokos ima jednak iznos gravitacijske potencijalne energije u svim položajima.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da se *povećanjem udaljenosti tijela od središta Zemlje povećava gravitacijska potencijalna energija tijela (uz pretpostavku da se masa tijela ne mijenja)*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak potrebno je da zna o čemu ovisi gravitacijska potencijalna energija i u kojem odnosu su te veličine. Također, učenik mora u zadatku uzeti u obzir da se masa kokosa ne mijenja. Točan odgovor četvrtog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.14) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.14: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 4

Iz grafa (Slika 3.14) se vidi da je oko 65% učenika osnovne škola točno odgovorilo na četvrti zadatak, dok je četvrti zadatak u srednjim školama točno odgovorilo više od 50% učenika. Također je vidljivo da učenici osnovnih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih škola u SAD-u, dok učenici srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u imaju podjednak postotak točno zaokruženih odgovora. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika za učenike osnovnih škola vjerojatno statistički značajna, dok za učenike srednjih škola vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.15) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.



Tablica 3.15: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 4

Zadatak 4	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	67%	54%	41%	50%
<b>B</b>	5%	2%	21%	19%
<b>C</b>	22%	17%	22%	16%
<b>D</b>	6%	27%	17%	15%
<b>OSTALO</b>	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.15 vidi se da je 67% učenika osnovnih i 54% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na četvrti zadatak. Ovdje je vidljivo da imamo pad razumijevanja gravitacijske potencijalne energije kod učenika srednjih škola. Od pogrešnih odgovora u osnovnim školama je najčešće bio zaokružen odgovor C kojeg je zaokružilo 22% učenika, a u srednjoj školi odgovor D kojeg je zaokružilo 27% učenika. Odgovor B je u osnovnoj školi zaokružilo 5% učenika, dok je odgovor D u osnovnoj školi zaokružilo 6% učenika. U srednjoj školi je odgovor B zaokružilo 2% učenika, a odgovor C 17% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Gravitacijska potencijalna energija tijela se smanjuje kako se tijelo više udaljava od središta Zemlje, a gravitacijska potencijalna energija tijela se povećava kada tijelo pada prema središtu Zemlje.

Miskoncepcija za odgovor D:

- Gravitacijska potencijalna energija tijela ne ovisi o udaljenosti tijela od podloge iznad koje se tijelo nalazi.

Iz Tablice 3.15 je vidljivo da prelaskom iz osnovne u srednju školu u Hrvatskoj imamo promjenu miskoncepcija, dok učenici osnovnih i srednjih škola u SAD-u imaju podjednak postotak za sve pogrešne odgovore.

### 3.4.5 Zadatak 5

*Djevojka gurne knjigu i ona klizi po stolu. Knjiga usporava i na kraju stane. Dok se knjiga giba, i knjiga i stol postanu malo topliji. Što se dogodilo s kinetičkom energijom knjige?*

A. Pretvorila se u silu, ali ne i u unutarnju energiju.

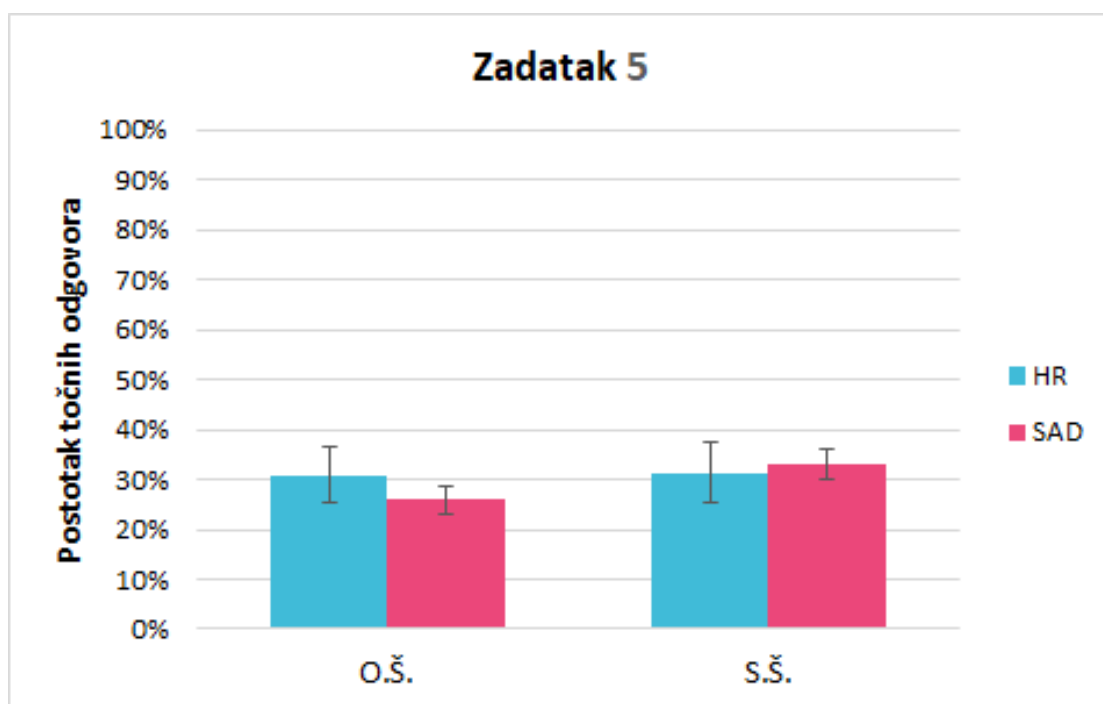
B. Pretvorila se u unutarnju energiju, ali ne i u silu.

C. Pretvorila se i u unutarnju energiju i u silu.

D. Potrošila se i nije se pretvorila ni u silu ni u unutarnju energiju.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da se u sustavu jedan oblik energije može pretvoriti u jedan ili više oblika energije. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak potrebno je da zna da su energija i sila dva različita koncepta, tj. da se jedan ne može pretvoriti u drugi. Točan odgovor petog zadatka je odgovor B.

Sljedeći graf (Slika 3.15) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.15: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 5

Iz grafa (Slika 3.15) se vidi da je oko 30% učenika osnovnih i srednjih škola točno dogovorilo na peti zadatak. Vidljivo je da učenici osnovnih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih škola u SAD-u, dok učenici srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u imaju podjednak postotak točno zaokruženih odgovora. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da ta razlika za učenike osnovnih škola vrlo vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.16) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.16: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 5

Zadatak 5	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
A	21%	18%	16%	13%
B	31%	31%	26%	33%
C	42%	38%	47%	45%
D	6%	12%	12%	9%
OSTALO	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.16 vidi se da je 31% učenika osnovnih i srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na peti zadatak. Ovaj zadatak je najlošije riješen zadatak. Od pogrešnih odgovora najčešće je bio zaokružen odgovor C kojeg je 42% učenika osnovnih škola zaokružilo, a u srednjim školama ga je zaokružilo 38% učenika. Odgovor A je u osnovnoj školi zaokružilo 21% učenika, dok je odgovor D u osnovnoj školi zaokružilo 6% učenika. U srednjoj školi je odgovor A zaokružilo 18% učenika, a odgovor D 12% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskonceptije.

Miskonceptija za odgovor A i C:

- Energija se može pretvoriti u silu.

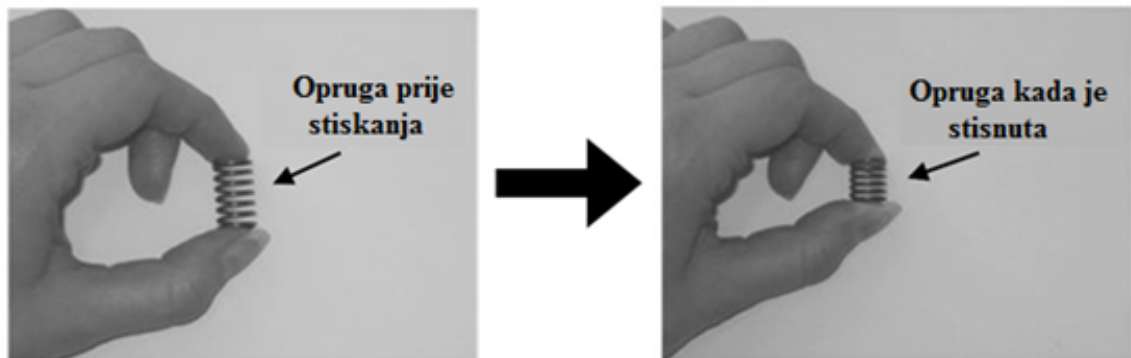
Miskonceptija za odgovor D:

- Tijelo ima u sebi energiju koja se iskoristi kada se tijelo giba.

Iz tablice 3.16 je vidljivo da učenici osnovnih i srednjih škola, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, imaju miskonceptiju da se energija može pretvoriti u silu, i po tome kako je ovo najlošije riješen zadatak može se doći do zaključka da je ta miskonceptija duboko ukorijenjena.

### 3.4.6 Zadatak 6

*Učenik stisne oprugu.*

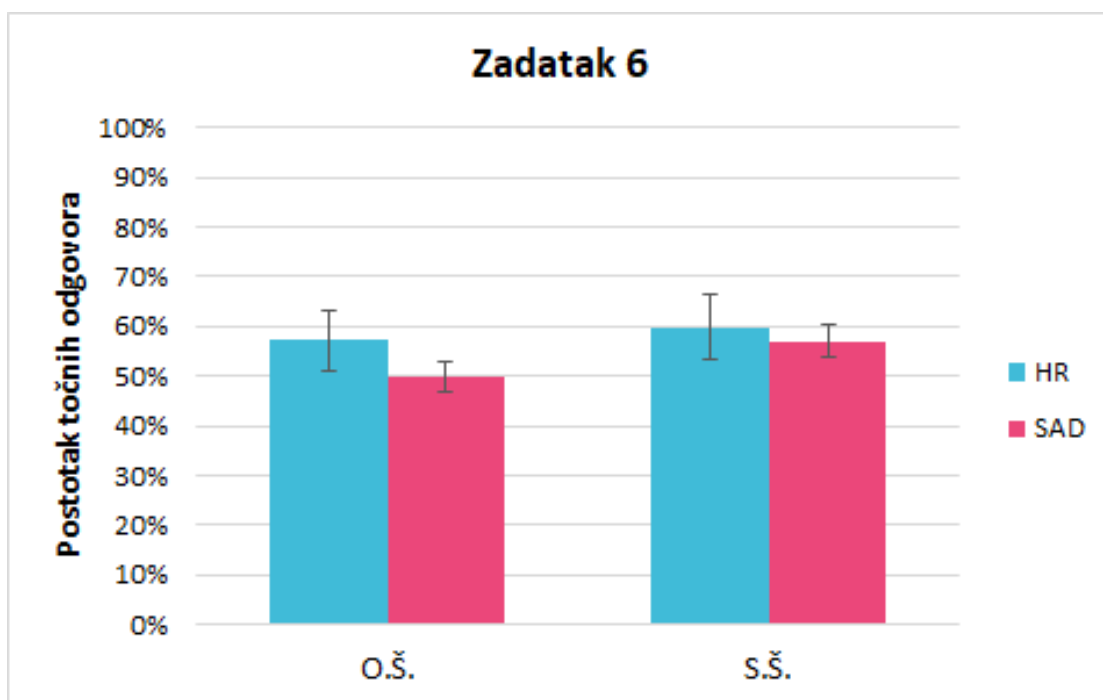


*Kako se elastična energija opruge mijenja kad je učenik stisne?*

- A. Elastična energija opruge se povećava kad je učenik stisne.*
- B. Elastična energija opruge se smanji kad je učenik stisne.*
- C. Elastična energija opruge se ne mijenja kad je učenik stisne.*
- D. Potrebno je više podataka da bi se reklo kako se elastična energija mijenja.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *što se tijelo više rasteže ili sabija povećava se njegova elastična energija*. Točan odgovor šestog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.16) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.16: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 6

Iz grafa (Slika 3.16) se vidi da je više od 55% učenika osnovnih škola i oko 60% učenika srednjih škola točno dogovorilo na šesti zadatak. Vidljivo je da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju nešto veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da ta razlika vrlo vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.16) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.17: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 6

Zadatak 6	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	57%	60%	50%	57%
<b>B</b>	23%	21%	28%	24%
<b>C</b>	12%	12%	13%	12%
<b>D</b>	8%	7%	9%	7%
<b>OSTALO</b>	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.17 vidi se da je 57% učenika osnovnih i 60% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na šesti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor B je bio najčešće zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 23% učenika osnovnih škola i 21% učenika srednjih škola. Odgovor C je u osnovnoj i srednjoj školi zaokružilo 12% učenika, dok je odgovor D u osnovnoj školi zaokružilo 8% učenika, a u srednjoj školi 7% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor B:

- Elastična energija je potencijal tijela da se rastegne ili sabije. Na primjer, elastična gumica ima manje elastične energije kada je više rastegnuta nego kada je manje rastegnuta jer se ne može više rastegnuti, a elastična gumica koja je manje rastegnuta ima više elastične energije jer je još može više rastegnuti.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Opruge ili druga elastična tijela imaju istu količinu elastične energije bez obzira na to koliko su rastegnuta ili sabijena.

Iz tablice 3.17 je vidljivo da učenici osnovnih i srednjih škola, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, najčešće imaju miskoncepciju da se stiskanjem opruge elastična energija tijela smanjuje.

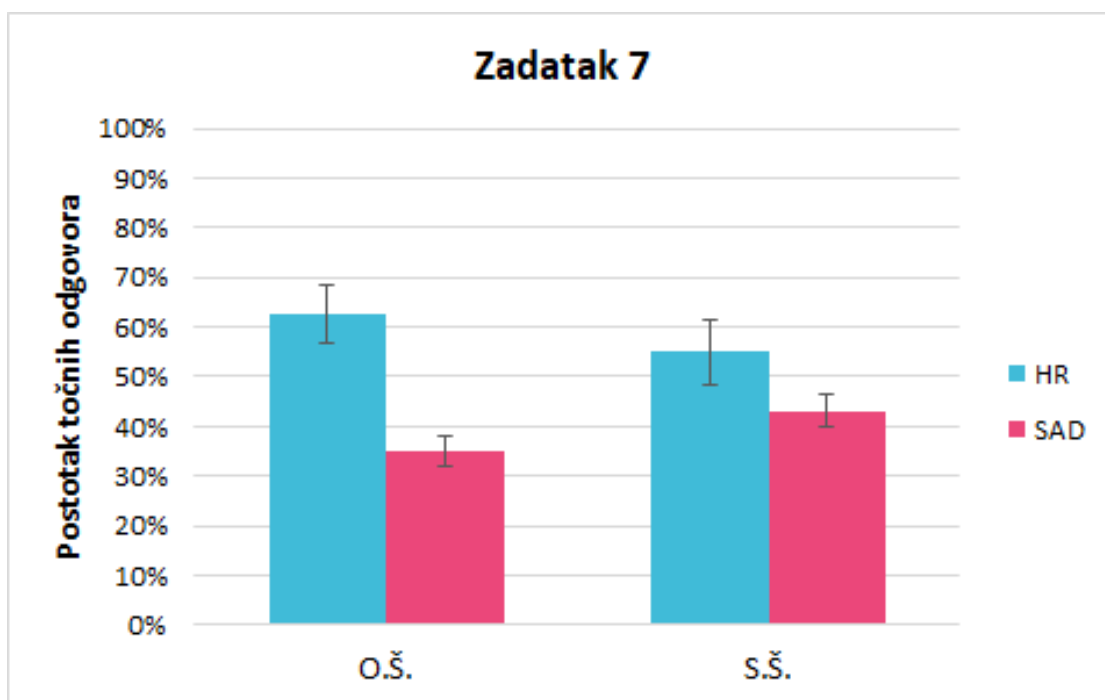
### 3.4.7 Zadatak 7

*Hladno tijelo je u dodiru s toplim tijelom. Koji od ponuđenih odgovora opisuje prijenos energije između ta dva tijela?*

- Toplina se prenosi s toplog tijela na hladno tijelo.*
- Hladnoća se prenosi s hladnog tijela na toplo tijelo.*
- Toplina se prenosi s toplog tijela na hladno tijelo i hladnoća se prenosi s hladnog tijela na toplo tijelo.*
- Nema prijenosa energije između hladnog tijela i toplog tijela.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *prijenos energije kondukcijom ide s toplijeg tijela na hladnije*. Točan odgovor sedmog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.17) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.17: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 7

Iz grafa (Slika 3.17) se vidi da je više od 60% učenika osnovnih škola i oko 55% učenika srednjih škola točno dogovorilo na sedmi zadatak. Vidljivo je da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.18) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.18: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 7

Zadatak 7	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	63%	55%	35%	48%
<b>B</b>	7%	12%	15%	13%
<b>C</b>	27%	29%	40%	37%
<b>D</b>	3%	3%	10%	8%
<b>OSTALO</b>	0%	1%	/	/

Iz Tablice 3.18 je vidljivo da je 63% učenika osnovnih i 55% učenika srednjih hrvatskih

škola točno odgovorilo na sedmi zadatak. Odgovor C je bio najčešće zaokruženi pogrešan odgovor. Zaokružilo ga je 27% učenika osnovnih škola i 29% učenika srednjih škola. Odgovor B je u osnovnoj školi zaokružilo 7% učenika, a u srednjoj školi ga zaokružilo 12% učenika. Odgovor D zaokružilo je 3% učenika osnovnih i srednjih škola. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor B:

- Kada su hladno i toplo tijelo u kontaktu jedno s drugim, toplije tijelo postaje hladnije, a hladnije toplije jer „hladnoća“ se prenosi s hladnijeg tijela na toplije tijelo.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Kada su dva tijela različitih temperatura u kontaktu jedno s drugim, energija se prenosi s toplijeg tijela na hladnije tijelo, a „hladnoća“ ili „hladna energija“ se prenosi s hladnijeg tijela na toplije tijelo.

Iz tablice 3.18 vidi se da učenici osnovnih i srednjih škola, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, imaju miskoncepciju da postoji i prijenos „hladnoće“ s hladnijeg na toplije tijelo.

### 3.4.8 Zadatak 8



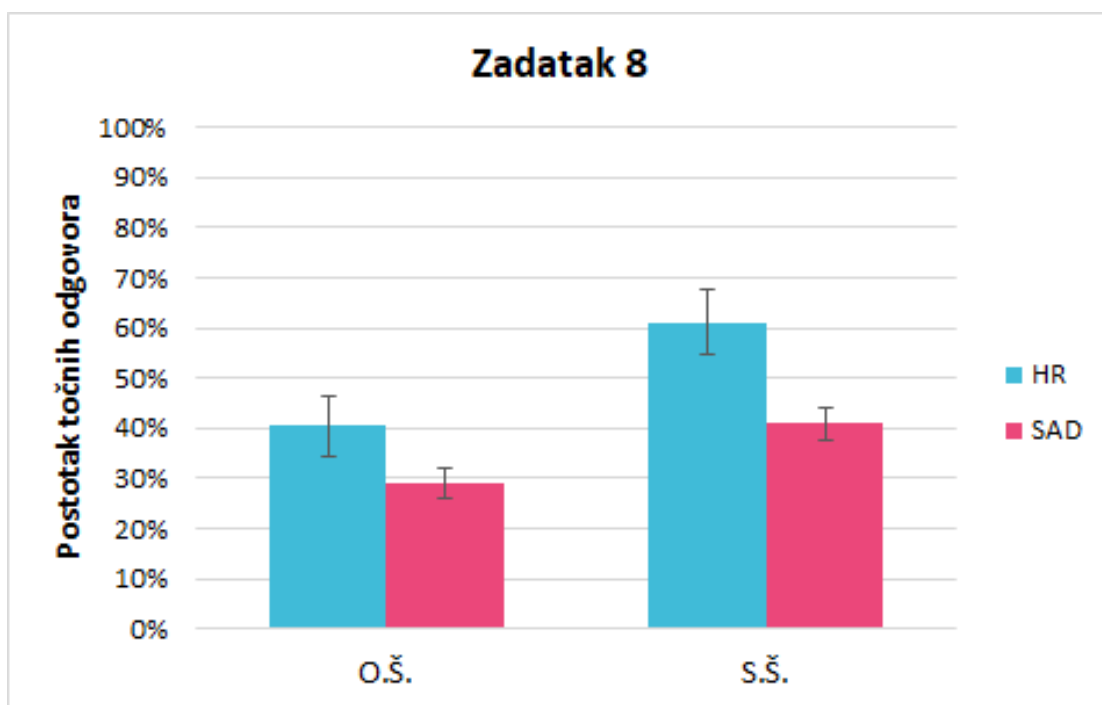
Što od ponuđenog ima unutarnju energiju?

- Samo živa osoba.
- Samo živa osoba i novčić.
- Samo živa osoba i mrtva biljka.
- Živa osoba, novčić i mrtva biljka.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *budući da sva tijela imaju neku masu i temperaturu, sve tijela imaju unutarnju energiju*. Točan odgovor osmog zadatka je odgovor D. U trećem zadatku se učenike pita o čemu ovisi unutarnja energija te je cilj ovog zadatka ispitati primjenu sličnih ideja kao u trećem zadatku.

Sljedeći graf (Slika 3.18) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.





Slika 3.18: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 8

Iz grafa (Slika 3.18) se vidi da je oko 40% učenika osnovnih škola i oko 60% učenika srednjih škola točno dogovorilo na osmi zadatak, što je velika razlika u rezultatu. Vidljivo je da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.19) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.19: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 8

Zadatak 8	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	37%	29%	40%	30%
<b>B</b>	12%	4%	12%	11%
<b>C</b>	10%	7%	19%	17%
<b>D</b>	40%	61%	29%	41%
<b>OSTALO</b>	1%	0%	/	/

Iz Tablice 3.19 je vidljivo da je 40% učenika osnovnih i 61% učenika srednjih hr-

vatskih škola točno odgovorilo na osmi zadatak. Odgovor A je bio najčešće zaokruženi pogrešan odgovor. Zaokružilo ga je 37% učenika osnovnih škola i 29% učenika srednjih škola. Odgovor B je u osnovnoj školi je zaokružilo 12% učenika, a u srednjoj školi 4% učenika. Odgovor C zaokružilo 10% učenika osnovnih i 7% učenika srednjih škola. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor A i B:

- Stvari koje su nekoć bile žive ali su sada mrtve nemaju unutarnju energiju.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Nežive stvari nemaju unutarnju energiju.

Iz Tablice 3.19 se može vidjeti da su učenici hrvatskih osnovnih škola bolji od američkih učenika na ovom zadatku, međutim tako slab rezultat je zabrinjavajući. Miskoncepcija da „mrtve“ stvari nemaju unutarnju energiju je u velikom postotku prisutna u hrvatskim i američkim osnovnim i srednjim školama.

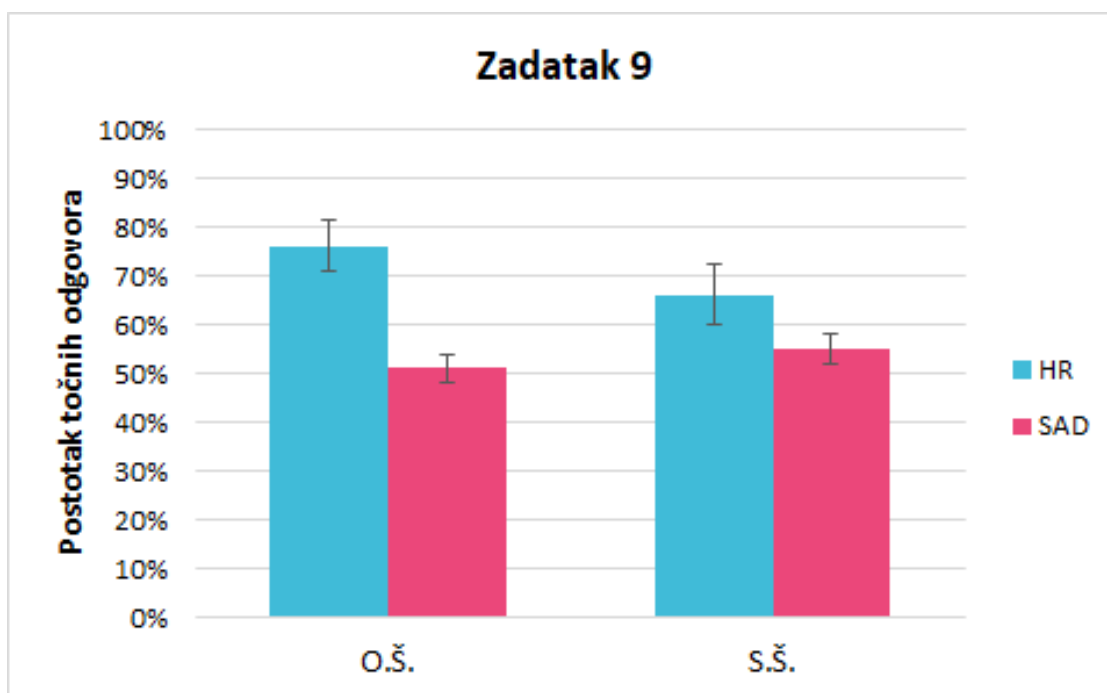
### 3.4.9 Zadatak 9

*Djevojčica i dječak drže svoje lopte. Djevojčica svoju loptu baci, a dječak ispusti svoju loptu. Koja tvrdnja opisuje kinetičke energije lopti dok se one gibaju zrakom?*

- I lopta koja je bačena i lopta koja je ispuštena imaju kinetičku energiju.*
- Lopta koja je bačena ima kinetičku energiju, ali lopta koja je ispuštena nema.*
- Lopta koja je ispuštena ima kinetičku energiju, ali lopta koja je bačena nema.*
- Ni lopta koja je bačena ni lopta koja je ispuštena nemaju kinetičku energiju.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *bilo koje tijelo u pokretu ima kinetičku energiju, a kinetička energija tijela koje miruje je jednaka nuli*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak potrebno je da zna da kinetička energija ne ovisi o smjeru gibanja. Točan odgovor devetog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.19) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.19: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 9

Iz grafa (Slika 3.19) se vidi da je oko 75% učenika osnovnih škola i oko 65% učenika srednjih škola točno dogovorilo na deveti zadatak. Vidljivo je da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Intervali pouzdanosti ukazuju da je ta razlika vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.20) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.20: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 9

Zadatak 9	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	76%	66%	51%	55%
<b>B</b>	15%	29%	26%	25%
<b>C</b>	7%	4%	14%	12%
<b>D</b>	2%	1%	9%	8%
<b>OSTALO</b>	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.20 je vidljivo da je 76% učenika osnovnih i 66% učenika srednjih hrvatskih

škola točno odgovorilo na deveti zadatak. Odgovor B je bio najčešće zaokruženi pogrešan odgovor. Zaokružilo ga je 15% učenika osnovnih škola i 29% učenika srednjih škola. Odgovor C je u osnovnoj školi zaokružilo 7% učenika, a u srednjoj školi ga zaokružilo 4% učenika. Odgovor D zaokružilo je 2% učenika osnovnih i 1% učenika srednjih škola. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor B i D:

- Tijela koja padaju nemaju kinetičku energiju. Na primjer, ispušteno tijelo nema kinetičku energiju jer ga gravitacija povlači prema dolje.

Iz Tablice 3.20 vidljivo je da učenici osnovnih škola imaju bolji rezultat od učenika srednjih škola, što ukazuje na to da srednjoškolcima kinetička energija, osim o masi i brzini, ovisi i o smjeru gibanja. Ta miskoncepcija je prisutna i kod hrvatskih i kod američkih učenika.

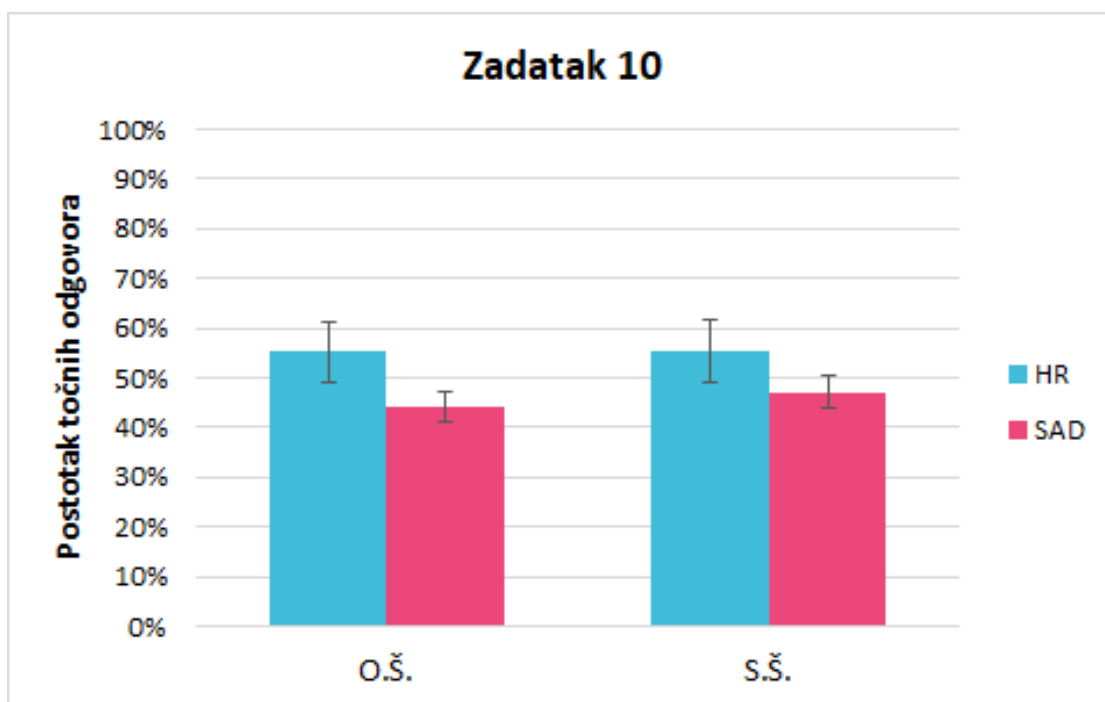
### 3.4.10 Zadatak 10

*O čemu ovisi unutarnja energija tijela?*

- A. *I o brzini i o broju molekula od kojih je tijelo napravljeno.*
- B. *O brzini molekula od kojih je tijelo napravljeno, ali ne i o broju molekula.*
- C. *O broju molekula od kojih je tijelo napravljeno, ali ne i o brzini molekula.*
- D. *Ni o brzini ni o broju molekula od kojih je tijelo napravljeno.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *prosječna brzina atoma ili molekula, broj atoma ili molekula i tip atoma ili molekula od kojih je tijelo građeno utječu na unutarnju energiju tijela*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak potrebno je da zna o čemu ovisi unutarnja energija. Točan odgovor desetog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.20) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.20: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 10

Iz grafa (Slika 3.20) je vidljivo da je oko 55% učenika osnovnih i srednjih škola točno dogovorilo na deseti zadatak. Također se može vidjeti da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Intervali pouzdanosti ukazuju da je ta razlika vjerojatno statistički značajna samo za učenike osnovnih škola.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.21) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.21: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 10

Zadatak 10	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	55%	55%	44%	47%
<b>B</b>	23%	23%	24%	26%
<b>C</b>	13%	13%	17%	17%
<b>D</b>	8%	9%	14%	10%
<b>OSTALO</b>	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.21 je vidljivo da je 55% učenika osnovnih i srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na deseti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor B je bio najčešće zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 23% učenika osnovnih i srednjih škola. Odgovor C je u osnovnoj i srednjoj školi zaokružilo 13% učenika, dok je odgovor D u osnovnoj školi zaokružilo 8% učenika, a u srednjoj školi 9% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor B i D:

- Unutarnja energija tijela nije povezana s brojem molekula od kojih je tijelo građeno.

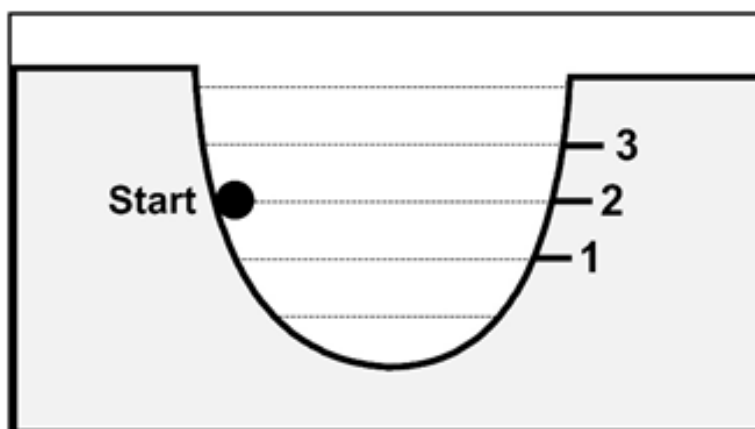
Miskoncepcija za odgovor C i D:

- Unutarnja energija tijela nije povezana s brzinom molekula od kojih je tijelo građeno.

Iz Tablice 3.21 je vidljivo da su rezultati hrvatskih učenika osnovnih i srednjih škola identični. To ukazuje da nema pomaka na bolje u razumijevanju o čemu ovisi unutarnja energija. I hrvatski i američki učenici najčešće imaju miskoncepciju da unutarnja energija tijela nije povezana s brojem molekula od kojih je tijelo građeno.

### 3.4.11 Zadatak 11

Zamislite kuglicu na stazi na kojoj nema prijenosa energije između kuglice i staze te između kuglice i zraka oko nje. Kuglica na početku miruje na položaju s oznakom Start i počne se gibati po stazi prema položajima 1, 2 i 3.



Koji je najviši položaj na koji će kuglica stići prije nego li se zaustavi i počne vraćati po stazi? (Sjetite se da nema prijenosa energije između kuglice i staze te između kuglice i zraka oko nje).

A. Položaj 1.

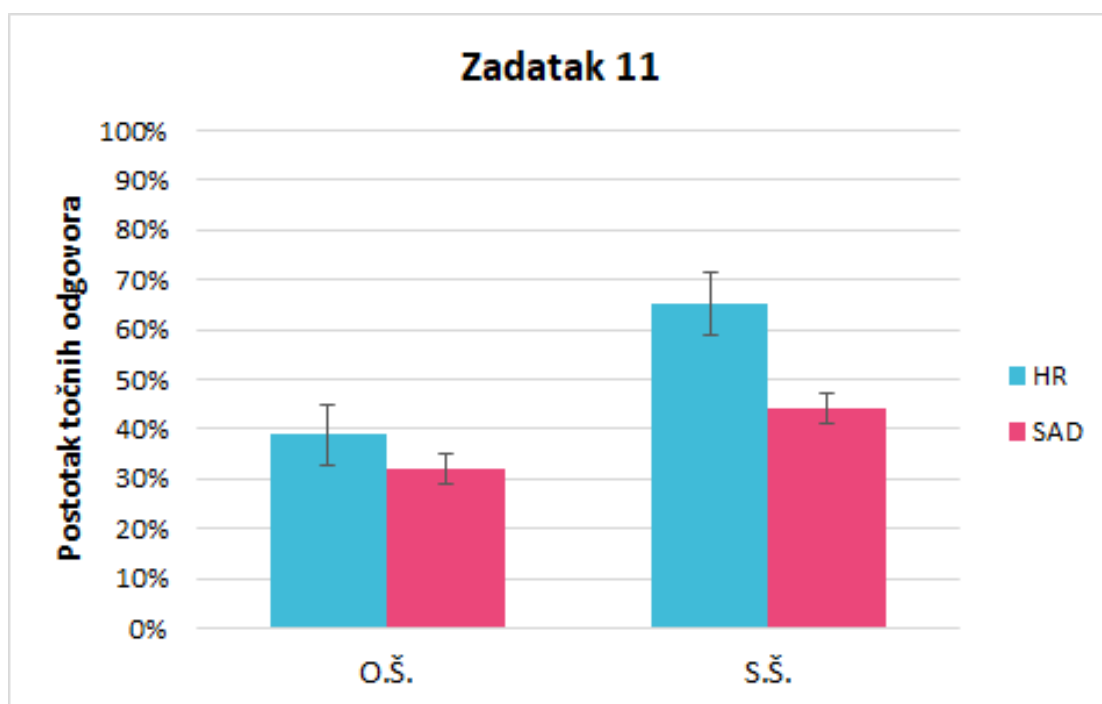
B. Položaj 2.

C. Položaj 3.

D. Ovisi o tome kolika je težina kuglice.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *bez obzira na to što se događa u sustavu, ukupna količina energije u sustavu ostaje jednaka osim ako se energija dodaje ili oslobađa iz sustava, iako se oblici energije mogu promijeniti*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak mora znati da u sustavu nemamo gubitak energije te stoga loptica u zadatku ima jednaku količinu energije te time doseže isti položaj koji je imala i na početku. Točan odgovor jedanaestog zadatka je odgovor B.

Sljedeći graf (Slika 3.21) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.21: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 11

Iz grafa (Slika 3.21) je vidljivo da je oko 40% učenika osnovnih škola i oko 65% srednjih škola točno odgovorilo na jedanaesti zadatak. Također se može vidjeti da učenici

osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Intervali pouzdanosti ukazuju da je ta razlika za učenika srednjih škola vrlo vjerojatno statistički značajna, dok za učenike osnovnih škola vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.22) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.22: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 11

Zadatak 11	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
A	6%	6%	12%	13%
B	39%	65%	32%	44%
C	10%	10%	15%	14%
D	44%	18%	41%	29%
OSTALO	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.22 vidi se da je 39% učenika osnovnih i 65% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na jedanaesti zadatak. Dakle, vidljiv je napredak u razumijevanju kod učenika srednjih škola u odnosu na učenike osnovnih škola. Od pogrešnih odgovora odgovor D je bio najčešće zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 44% učenika osnovnih i 18% srednjih škola. Odgovor A je u osnovnoj i srednjoj školi zaokružilo 6% učenika, dok je odgovor C u osnovnoj i srednjoj školi zaokružilo 10% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskonceptije.

Miskonceptija za odgovor A:

- Tijelo ima u sebi energiju koja se iskoristi kada se tijelo giba.

Miskonceptija za odgovor C:

- Tijelo dobiva energiju kada se giba. Na primjer, visina koju njihalo dosegne nakon što je pušteno je veća od visine na kojoj je pušteno jer je dobilo energiju pri njihanju.

Miskonceptija za odgovor D:

- Tijelo veće težine ima više energije kada se giba. Na primjer, ako niz kosinu pustimo težu i lakšu kuglicu (istih volumena) teža kuglica će prije doći do podnožja jer ima veću brzinu, a time i energiju.

Iz Tablice 3.22 vidi se da učenici osnovnih i srednjih škola, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, imaju miskonceptiju da u zatvorenom sustavu teža tijela u krajnjem položaju imaju veću energiju od početne energije.



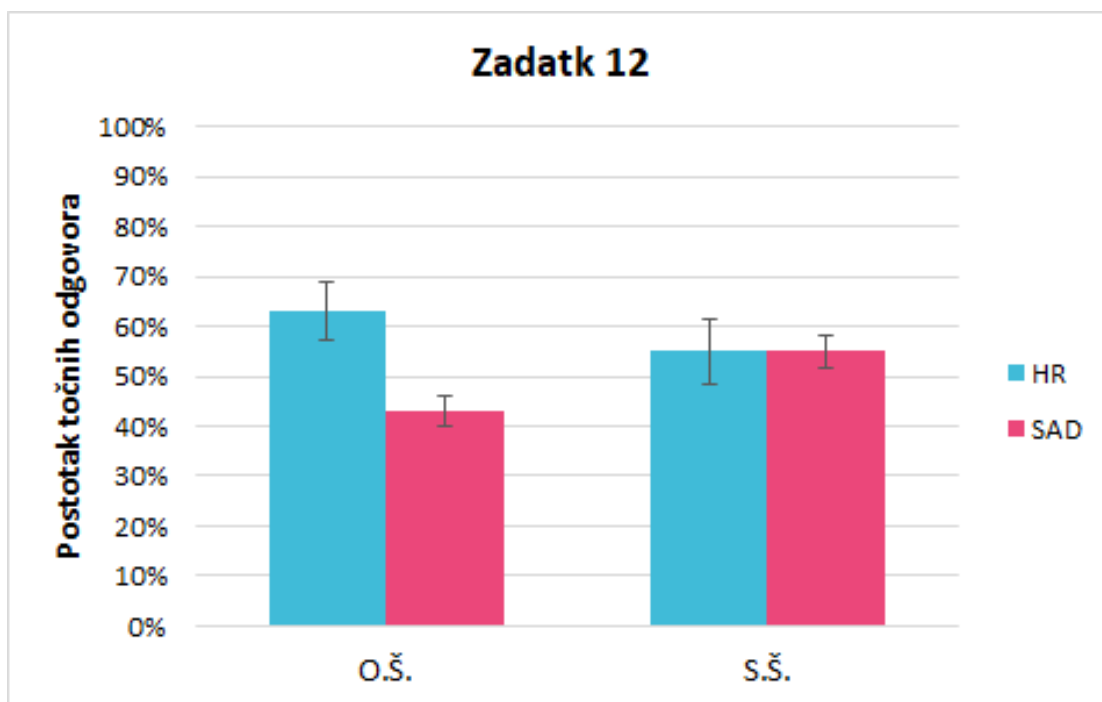
### 3.4.12 Zadatak 12

*Dolazi li do pretvorbe energije kada kamen pada s litice? Obrazloži.*

- A. Da, kinetička energija se pretvara u gravitacijsku potencijalnu energiju dok kamen pada.*
- B. Da, gravitacijska potencijalna energija se pretvara u kinetičku energiju dok kamen pada.*
- C. Ne, jer je kamen izgubio svu gravitacijsku potencijalnu energiju kada se počeo gibati.*
- D. Ne, jer se jedan oblik energije ne može pretvoriti u drugi oblik energije.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da je  *smanjenje jednog oblika energije u sustavu povezano s povećanjem jednog ili više oblika energije*. Točan odgovor dvanaestog zadatka je odgovor B.

Sljedeći graf (Slika 3.22) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD- s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.22: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 12

Iz grafa (Slika 3.22) je vidljivo da je više od 60% učenika osnovnih škola i oko 55% učenika srednjih škola točno dogovorilo na dvanaesti zadatak. Također se može vidjeti da učenici osnovnih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih škola u SAD-u. Intervali pouzdanosti ukazuju da je ta razlika za učenike osnovnih škola vrlo vjerojatno statistički značajna, dok razlike nema za učenike srednjih škola.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.23) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.23: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 12

Zadatak 12	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
A	30%	34%	34%	26%
B	63%	55%	43%	55%
C	6%	8%	13%	11%
D	0%	3%	10%	7%
OSTALO	1%	0%	/	/

Iz Tablice 3.23 vidi se da je 63% učenika osnovnih i 55% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na dvanaesti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor A je bio najčešće zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 30% učenika osnovnih i 34% srednjih škola. Odgovor C je u osnovnoj školi zaokružilo 6% učenika, a u srednjoj školi 8% učenika. Odgovor D je u srednjoj školi zaokružilo 3% učenika, dok ga niti jedan osnovnoškolac nije zaokružio. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Gravitacijska potencijalna energija je potencijal da se padne; tijelo će izgubiti svu gravitacijsku potencijalnu energiju i trenutku kada počne padati.

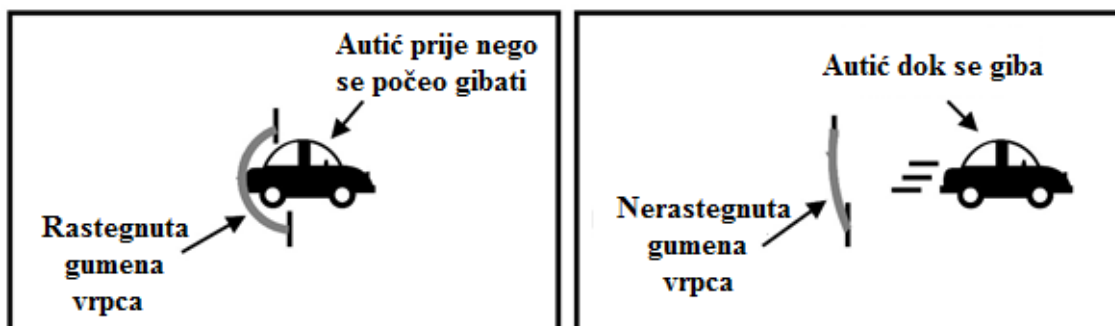
Miskoncepcija za odgovor D:

- Jedan oblik energije se ne može pretvoriti u drugi oblik energije.

Iz Tablice 3.23 vidljivo je da učenici hrvatskih osnovnih škola imaju nešto bolji rezultat od učenika srednjih škola, što ukazuje na to da srednjoškolci slabije razumije pretvorbu energije unutar sustava. I hrvatski i američki učenici najčešće su birali pogrešni odgovor A koji ukazuje na to da ne razumiju kako se odvija pretvorba energije u danoj fizikalnoj situaciji.

### 3.4.13 Zadatak 13

Učenik koristi gumenu vrpca da ispuca igračku autić po ravnom podu. Pretpostavite da nema prijenosa energije između autića i poda te između autića i zraka.

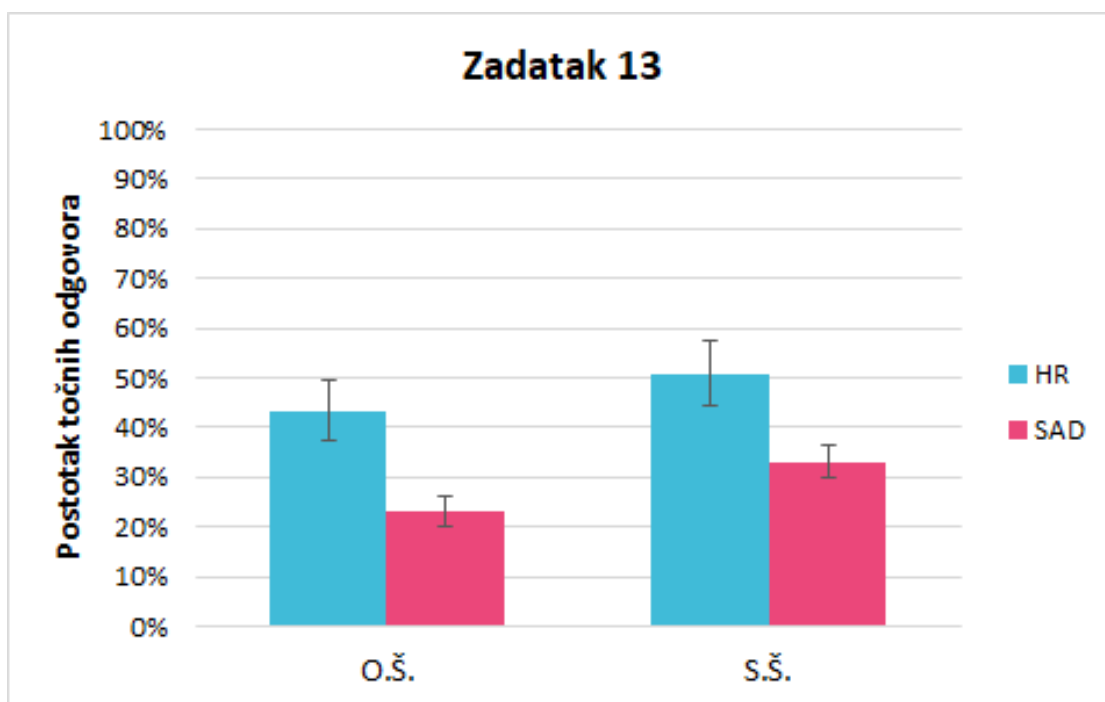


Što se dogodi s ukupnim iznosom energije sustava (autić i gumena vrpca) kada se autić giba po podu i više nije u dodiru s gumenom vrpcom?

- A. Ukupni iznos energije sustava će se povećati jer se kinetička energija autića povećava a elastična energija gumene vrpce ostaje jednaka.
- B. Ukupni iznos energije sustava će se povećati jer je povećanje kinetičke energije autića veće nego smanjenje elastične energije gumene vrpce.
- C. Ukupni iznos energije sustava će se smanjiti jer je povećanje kinetičke energije autića manje nego smanjenje elastične energije gumene vrpce.
- D. Ukupni iznos energije sustava će ostati jednak jer je povećanje kinetičke energije autića jednako smanjenju elastične energije gumene vrpce.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da se energije ne može stvoriti niti uništiti, ali može se prenijeti i/ili se pretvoriti u drugi oblik energije. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak mora znati da ukupna količina energije u zatvorenom sustavu ostaje jednaka iako se oblici energije mogu promijeniti. Kod ovog zadatka također se može ispitati učeničko razumijevanje elastične energije. Točan odgovor trinaestog zadatka je odgovor D.

Sljedeći graf (Slika 3.23) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.23: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 13

Iz grafa (Slika 3.23) je vidljivo da je više od 40% učenika osnovnih škola i oko 50% srednjih škola točno dogovorilo na trinaesti zadatak. Također se može vidjeti da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Intervali pouzdanosti ukazuju da je ta razlika vrlo vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.24) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.24: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 13

Zadatak 13	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	17%	10%	20%	16%
<b>B</b>	30%	25%	31%	29%
<b>C</b>	9%	14%	27%	22%
<b>D</b>	43%	51%	23%	33%
<b>OSTALO</b>	1%	0%	/	/

Iz Tablice 3.24 vidi se da je 43% učenika osnovnih i 51% učenika srednjih hrvatskih

škola točno odgovorilo na trinaesti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor B je bio najčešće zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 30% učenika osnovnih i 25% učenika srednjih škola. Odgovor A je u osnovnoj školi zaokružilo 17% učenika, a u srednjoj školi 10% učenika. Odgovor C u osnovnoj školi je zaokružilo 9% učenika, dok ga je u srednjoj školi zaokružilo 14% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor A:

- Energija može nastati.
- Opruge ili druga elastična tijela imaju istu količinu elastične energije bez obzira na to koliko su rastegnuta ili stisnuta.

Miskoncepcija za odgovor B:

- Energija može nastati.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Energija može nestati.

Iz Tablice 3.24 vidi se da su hrvatski učenici osnovnih i srednjih škola dosta bolji u razumijevanju zakona očuvanja energije od američkih učenika, ali da i u hrvatskim i američkim školama prevladava miskoncepcija da energija može nastati.

#### 3.4.14 Zadatak 14

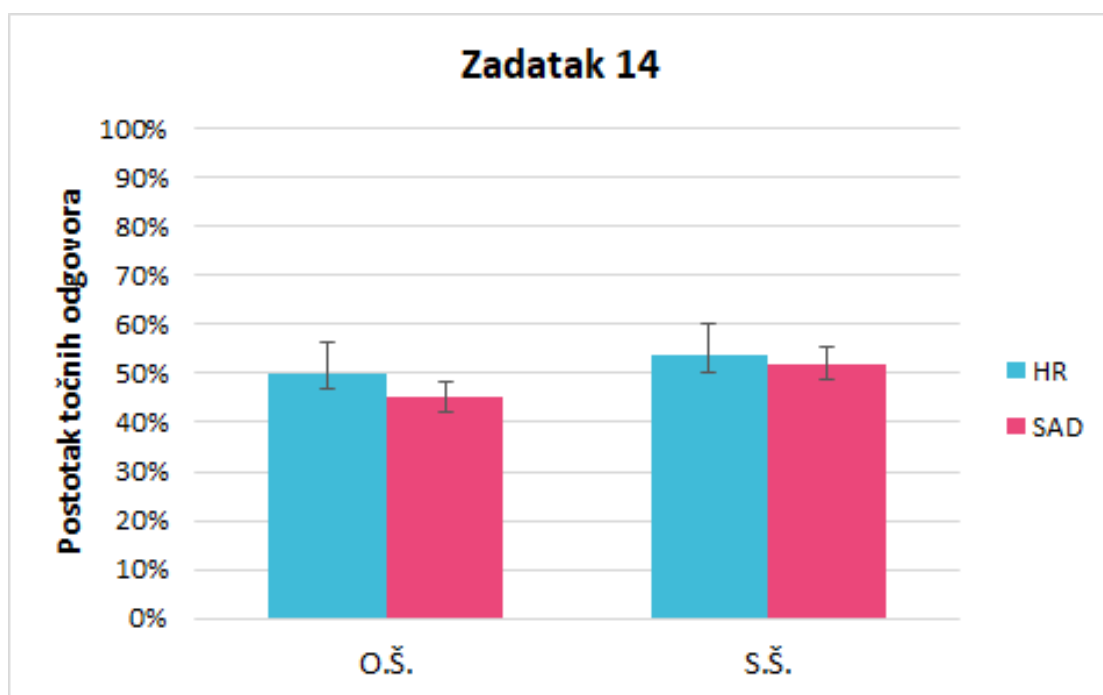
*Kako je srednja brzina molekula u tijelu povezana s unutarnjom energijom tijela?*

- Kada se srednja brzina molekula poveća, unutarnja energija tijela se poveća.*
- Kada se srednja brzina molekula poveća, unutarnja energija tijela se smanji.*
- Odnos srednje brzine molekula u tijelu i unutarne energije tijela ovisi o tome je li tijelo u krutom, tekućem ili plinovitom stanju.*
- Srednja brzina molekula u tijelu nije povezana s unutarnjom energijom tijela.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *kada se prosječna brzina atoma i molekule tijela poveća, kinetička energija atoma i molekula se također poveća te se time poveća i unutarnja energija tijela*. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak mora znati da je unutarnja energija tijela zbroj svih kinetičkih energija svih atoma i molekula od kojih

je tijelo građeno. Stoga učenik mora znati kako kinetička energija ovisi o brzini. Točan odgovor četrnaestog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.24) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.24: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 14

Iz grafa (Slika 3.24) vidi se da je 50% učenika osnovnih škola i više od 50% srednjih škola točno dogovorilo na četrnaesti zadatak. Također se može vidjeti da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju nešto veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Intervali pouzdanosti ukazuju da ta razlika vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.25) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.25: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 14

Zadatak 14	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	50%	54%	45%	52%
<b>B</b>	15%	10%	18%	15%
<b>C</b>	26%	27%	25%	22%
<b>D</b>	8%	8%	12%	11%
<b>OSTALO</b>	1%	1%	/	/

Iz Tablice 3.25 vidi se da je 50% učenika osnovnih i 54% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na četrnaesti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor C je bio najčešće zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 26% učenika osnovnih i 27% učenika srednjih škola. Odgovor B je u osnovnoj školi zaokružilo 15% učenika, a u srednjoj školi 10% učenika. Odgovor D je zaokružilo 8% učenika osnovnih i srednjih škola. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor B:

- Količina unutarnje energija koje tijelo ima se smanjuje kada se srednja brzina ili srednja kinetička energija molekula od koje je tijelo građeno poveća.

Miskoncepcija za odgovor C:

- Odnos srednje brzine molekula u tijelu i unutarnje energije tijela ovisi o agregatnom stanju tijela.

Miskoncepcija za odgovor D:

- Unutarnja energija nije povezana s brzinom molekula od kojih je tijelo građeno.

Iz Tablice 3.25 vidljivo je da učenici osnovnih i srednjih škola, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, najčešće imaju miskoncepciju da je agregatno stanje u kojem se tijelo nalazi ključno za odnos srednje brzine molekula tijela i unutarnje energije tijela.

### 3.4.15 Zadatak 15

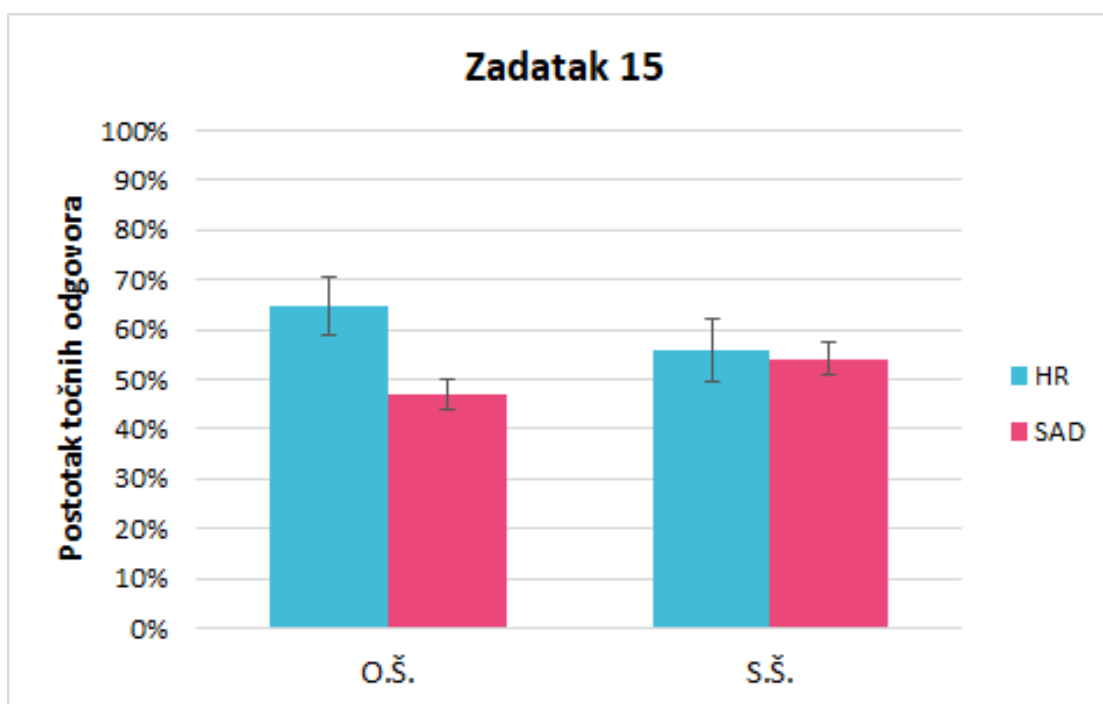
*O čemu ovisi elastična energija tijela koje je rastegnuto?*

- Ovisi o tome koliko je tijelo rastegnuto i koliko ga je teško rastegnuti.*
- Ovisi o tome koliko je tijelo rastegnuto, ali ne o tome koliko ga je teško rastegnuti.*
- Ovisi o tome koliko je teško rastegnuti tijelo, ali ne o tome koliko je tijelo rastegnuto.*

D. Ne ovisi ni o tome koliko je tijelo rastegnuto ni o tome koliko ga je teško rastegnuti.

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da *elastična energija elastičnog tijela ovisi o tome koliko je tijelo rastegnuto ili sabijeno i koliko ga je teško rastegnuti ili sabiti*. Točan odgovor petnaestog zadatka je odgovor A.

Sljedeći graf (Slika 3.25) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.25: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 15

Iz grafa (Slika 3.25) je vidljivo da je oko 65% učenika osnovnih škola i oko 55% srednjih škola točno dogovorilo na petnaesti zadatak. Također se može vidjeti da učenici osnovnih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih škola u SAD-u, dok učenici srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u imaju podjednak postotak točno zaokruženih odgovora. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika za učenike osnovnih škola vjerojatno statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.26) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.



Tablica 3.26: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 15

Zadatak 15	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
<b>A</b>	65%	56%	47%	54%
<b>B</b>	25%	23%	27%	23%
<b>C</b>	6%	15%	15%	15%
<b>D</b>	5%	6%	10%	8%
<b>OSTALO</b>	0%	0%	/	/

Iz Tablice 3.26 vidi se da je 65% učenika osnovnih i 56% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na petnaesti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor B je bio najčešće je bio zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 25% učenika osnovnih i 23% učenika srednjih škola. Odgovor C je u osnovnoj školi zaokružilo 6% učenika, a u srednjoj školi 15% učenika. Odgovor D u osnovnoj školi je zaokružilo 5% učenika, dok ga je u srednjoj školi zaokružilo 6% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskonceptije.

Miskonceptija za odgovor B:

- Elastična energija tijela ne ovisi o tome koliko je teško rastegnuti ili sabiti tijelo.

Miskonceptija za odgovor C:

- Opruge ili druga elastična tijela imaju istu količinu elastične energije bez obzira na to koliko su rastegnuta ili sabijena.

Miskonceptija za odgovor D:

- Elastična energija tijela ne ovisi o tome koliko je teško rastegnuti ili sabiti tijelo.
- Opruge ili druga elastična tijela imaju istu količinu elastične energije bez obzira na to koliko su rastegnuta ili sabijena.

Iz Tablice 3.26 vidljivo je da većina učenika koji nisu točno odgovorili na ovo pitanje, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, zanemaruje (ili ne zna) da elastična energija ovisi o vrsti tvari od koje je tijelo građeno, tj. o konstanti elastičnosti. Također je vidljivo da učenici osnovnih škola imaju nešto bolji rezultat od učenika srednjih škola u Hrvatskoj, što ukazuje na to da srednjoškolci ne povezuju da elastična energija ovisi i o produljenju i o konstanti elastičnosti.

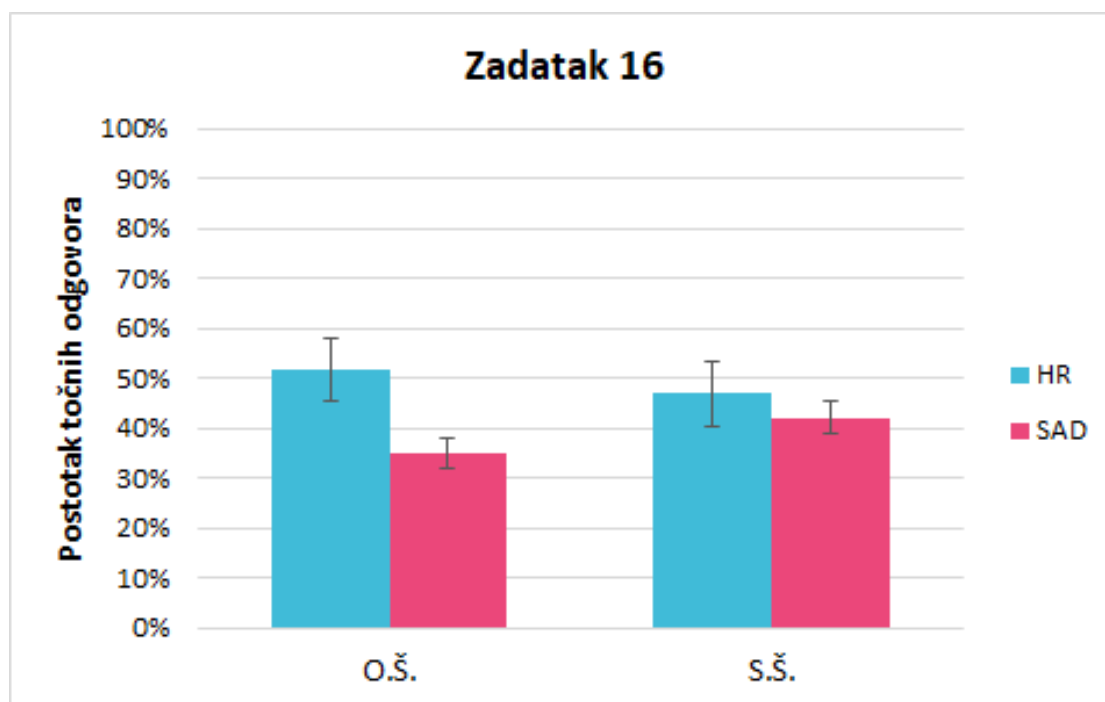
**3.4.16 Zadatak 16**

*Učenik baci dvije jednake lopte u zrak. Da bi lopte imale jednak iznos gravitacijske potencijalne energije u određenom trenutku, što mora biti zadovoljeno?*

- A. Lopte se moraju gibati jednakom brzinom.*
- B. Lopte moraju biti na jednakoj visini od tla.*
- C. Lopte moraju biti bačene u isto vrijeme.*
- D. Lopte moraju biti bačene s jednakim iznosom sile.*

Ovaj zadatak ispituje učeničku primjenu ideje da za tijela koja imaju jednaku masu, tijelo čija je udaljenost od središta Zemlje veća ima veću gravitacijsku potencijalnu energiju, a tijelo čija je udaljenost od središta Zemlje manje ima manju gravitacijsku potencijalnu energiju. Da bi učenik točno odgovorio na zadatak potrebno je da zna o čemu ovisi gravitacijska potencijalna energija i u kojem odnosu su te veličine. Također, učenik mora iz zadatka uvidjeti da su lopte jednakih masa. Točan odgovor šesnaestog zadatka je odgovor B.

Sljedeći graf (Slika 3.26) prikazuje postotak točnih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u s pripadajućim intervalima pouzdanosti.



Slika 3.26: Postotak točnih odgovora u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj i SAD-u za zadatak 16

Iz grafa (Slika 3.26) je vidljivo da je oko 50% učenika osnovnih škola i više od 45% srednjih škola točno dogovorilo na petnaesti zadatak. Također se može vidjeti da učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj imaju veći postotak točno zaokruženih odgovora od učenika osnovnih i srednjih škola u SAD-u. Pomoću intervala pouzdanosti možemo uočiti da je ta razlika za učenike osnovnih škola vjerojatno statistički značajna, dok za učenike srednjih škola vjerojatno nije statistički značajna.

U sljedećoj tablici (Tablica 3.27) prikazan je postotak pojedinih odgovora koje su zaokružili učenici osnovnih i srednjih škola u Hrvatskoj i SAD-u.

Tablica 3.27: Postotak pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 16

Zadatak 16	O.Š. HR	S.Š. HR	O.Š. SAD	S.Š. SAD
A	6%	13%	19%	16%
<b>B</b>	<b>52%</b>	<b>47%</b>	<b>35%</b>	<b>42%</b>
C	9%	6%	18%	15%
D	33%	34%	28%	27%
<b>OSTALO</b>	2%	0%	/	/

Iz Tablice 3.27 vidi se da je 52% učenika osnovnih i 47% učenika srednjih hrvatskih škola točno odgovorilo na šesnaesti zadatak. Od pogrešnih odgovora odgovor D je bio najčešće je bio zaokružen odgovor. Zaokružilo ga je 33% učenika osnovnih i 34% učenika srednjih škola. Odgovor A je u osnovnoj školi zaokružilo 6% učenika, a u srednjoj školi 13% učenika. Odgovor C u osnovnoj školi je zaokružilo 9% učenika, dok ga je u srednjoj školi zaokružilo 6% učenika. Svaki od pogrešnih odgovora upućuje na neke učeničke miskoncepcije.

Miskoncepcija za odgovor A:

- Gravitacijska potencijalna energija tijela ovisi o brzini tijela (gravitacijska potencijalna energija tijela se povećava ako se poveća brzina tijela).

Miskoncepcija za odgovor D:

- Za dva jednaka tijela koja su bačena u zrak, tijela moraju biti bačena s jednakom količinom sile da bi imala jednaku količinu gravitacijske potencijalne energije.

Iz Tablice 3.27 je vidljivo da učenici osnovnih i srednjih škola, kako u Hrvatskoj tako i u SAD-u, najčešće imaju miskoncepciju da bi dva jednaka tijela bačena u zrak imala jednaku količinu gravitacijske potencijalne energije, tijela moraju biti bačena s jednakom količinom sile.

## Poglavlje 4

### Implikacije za nastavu

Današnje obrazovanje teži interaktivnoj i istraživački usmjerenoj nastavi. Iz tog razloga je izuzetno važno da nastavnici znaju kako razmišljaju njihovi učenici te da znaju prepoznati miskoncepcije kod učenika kako bi mogli prilagoditi nastavu fizike. Premda se miskoncepcije kod učenika ne uklanjaju brzo i lako, nastavnik uvelike može pomoći u njihovom smanjivanju i upravo interaktivna nastava nastavniku omogućuje bolji uvid u učeničke miskoncepcije. Rezultati ovog istraživanja su pokazali da su učenici osnovnih škola bolje riješili zadatke koji su se odnosili na konceptualno područje Oblici energije, dok su učenici srednjih škola bolje riješili zadatke iz konceptualnog područja Zakon očuvanja energije. Dakle, rezultati ovog istraživanja se slažu s rezultatima prijašnjih istraživanja koja su našli malen ili nikakav napredak u razumijevanju energije kod učenika srednje škole, u odnosu na učenike osnovne škole [9, 8]. Uzrok tome je vjerojatno što su učenici srednjih škola u tom vremenskom periodu, od osmog razreda osnovne škole do trećeg razreda srednje škole, zaboravili osnovne pojmove vezane uz različite oblike energije. Razlog tome vjerojatno možemo pronaći i u različitim oblicima nastave fizike u osnovnoj i srednjoj školi. U osnovnoj školi nastava fizike je uglavnom interaktivna i istraživački usmjerena te se bazira na usvajanju važnih fizikalnih koncepata, dok je u srednjoj školi fokus više na formulama i rješavanju zadataka. Ovaj negativni trend bi trebalo promijeniti. U srednjoj školi bi se trebalo više inzistirati na konceptualnim pitanjima te bi trebalo formulama dati fizikalno značenje, jer dosta učenika zna formulu ali je ne zna na konkretnom fizikalnom problemu protumačiti i primijeniti (npr. kao u zadatku 4).

Kod analize rezultata po zadacima, kod petog i šesnaestog zadatka je primijećeno da učenici u velikom postotku imaju miskoncepcije vezane uz silu i energiju. Bitno je da učenici razlikuju energiju i njoj srodne pojmove kao što su sila i rad. Većina učenika misli da energija nastaje iz sile (rada). Do te zablude dolazi jer učenici kod nekih zadataka gdje dolazi do pretvorbe ili prijenosa energije ne gledaju o kojem se sustavu radi. Zato je ključno da se kod rješavanja zadataka prijenosa, pretvorbe i zakona očuvanja energije

stavi naglasak na izbor sustava. Kod izbora sustava je bitno da li je, na primjer, Zemlja ili opruga uključena u promatrani sustav, jer ako su u sustavu oni ne vrše rad na sustav nego sustav posjeduje gravitacijsku potencijalnu energiju ili elastičnu energiju [6]. Kod rješavanja zadataka vezanih uz prijenos energije između dva sustava i zakona očuvanja energije korištenje energetske dijagrama uvelike olakšava rješavanje. Energetski dijagram pruža vizualni prikaz oblika i količine energije u zadatku, a kod njegovog korištenja je bitno da se spomene o kojem se sustavu radi, tj. što se sve nalazi u sustavu. Na taj se način učenicima može pomoći razumjeti kada sustav ima određeni oblik energije, a kada okolina (koja nije uključena u sustav) vrši rad na sustav. Također je važno jasno odrediti koja dva vremenska trenutka (početni i konačni) se razmatraju.

Iz obrade podataka je vidljivo je da su zadaci iz konceptualnih područja Unutarnja energija i Zakon očuvanja energije najlošije riješeni. Slični rezultati dobiveni su i kod istraživanja koje je provela Američka udruga za napredak znanosti [8]. Kod zadataka koji ispituju razumijevanje unutarnje energije vidljivo je da učenici ne znaju o čemu ovisi unutarnja energija. Na primjer, osmi zadatak u kojem se samo treba primijeniti znanje o unutarnjoj energiji je lošije riješen od trećeg zadatka koji ispituje učeničko povezivanje unutarnje energije s temperaturom, masom i vrstom tvari. To može ukazivati da učenici naučene zakonitosti ne znaju protumačiti i primijeniti na svakodnevnim primjerima i problemima. Taj problem se može riješiti tako da se pri obradi unutarnje energije stavi fokus na to o čemu ona ovisi i da se pri tome više inzistira na konceptualnim pitanjima vezanim uz unutarnju energiju. Učenici osnovnih škola su lošije riješili zadatke koje su ispitivali razumijevanje zakona očuvanja energije, jer se u osnovnim školama zakon očuvanja energije samo kratko spominje. Kod učenika srednjih škola se vidi napredak upravo jer se u srednjim školama zakon očuvanja energije detaljnije obrađuje.

Budući da su pojam energije i drugi povezani koncepti u velikom postotku prisutni u svakodnevnom životu i u znanosti, ključno je da učenici tijekom svoga školovanja usvoje potrebna znanja o energiji. Da bi se to postiglo, nastava fizike bi trebala biti interaktivna i istraživački usmjerena, Naglasak, pogotovo u srednjim školama, ne bi trebao biti samo na rješavanju zadataka, nego i na ispitivanju razumijevanja naučenog gradiva. Zato bi, uz zadatke, trebalo u ispitivanje usvojenosti gradiva ubaciti konceptualna pitanja.

# Bibliografija

- [1] AAAS Project 2061 Science Assessment Website, <http://assessment.aaas.org/topics/1/EG#/0={kolovoz2019}>, keywords=.
- [2] [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7cc8c4f6-c4e2-4532-8928-afc1ba71beee/html/1001\\_Toplinski\\_stroj.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7cc8c4f6-c4e2-4532-8928-afc1ba71beee/html/1001_Toplinski_stroj.html), (kolovoz 2019).
- [3] K. Bogdanić, *Diplomski rad: Povijesni razvoj koncepta energije*, Sveučilište J.J.Strossmayer u Osijeku, Odsjek za fiziku (2015), 16–19, <http://www.mathos.unios.hr/~mdjumic/uploads/diplomski/BOG20.pdf>, (kolovoz 2019).
- [4] E. Brewé, *Energy as a substancelike quantity that flows: Theoretical considerations and pedagogical consequences*, *Physics Education Research* **7** (2011), 2–8.
- [5] A. R. Daane, S. B. McKagan, S. Vokos i R. E. Scherr, *Energy conservation in dissipative processes: Teacher expectations and strategies associated with imperceptible thermal energy*, *Physics Education Research* **15** (2019), 1–9.
- [6] E. Etkina, D. Gitomer, C. Iaconangelo, G. Phelps, L. Seeley i S. Vokos, *Design of an assessment to probe teachers' content knowledge for teaching: An example from energy in high school physics*, *Physics Education Research* **14** (2018), 18–19.
- [7] K. E. Gray, M. C. Wittmann, S. Vokos i R. E. Scherr, *Drawings of energy: Evidence of the Next Generation Science Standards model of energy in diagrams*, *Physics Education Research* **11** (2015), 2–4.
- [8] C. F. Herrmann-Abell i G. E. DeBoer, *Investigating a Learning Progression for Energy Ideas From Upper Elementary Through High School*, *Journal of Research in Science Teaching* **55** (2017).
- [9] R. Krsnik, *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Školska knjiga, 2008.
- [10] O. Petrak, *Metode prikupljanja i analiziranja podataka*, [https://ldap.zvu.hr/~oliverap/MetodeIstrazivanjaFT/9\\_t-test.pdf](https://ldap.zvu.hr/~oliverap/MetodeIstrazivanjaFT/9_t-test.pdf), (kolovoz 2019).

- [11] H. C. Sabo, L. M. Goodhew i A. D. Robertson, *University student conceptual resources for understanding energy*, *Physics Education Research* **12** (2016).
- [12] R. E. Scherr, H. G. Close, A. R. Daane, L. S. DeWater, B. W. Harrer, A. D. Robertson, L. Seeley i S. Vokos, *Energy Tracking Diagrams*, <https://pdfs.semanticscholar.org/bfc3/f62db1e7f1d6cc6b597e0af921db273c667e.pdf>, (kolovoz 2019).
- [13] L. Seeley, S. Vokos i E. Etkina, *Examining physics teacher understanding of systems and the role it plays in supporting student energy reasoning*, *American Journal of Physics* **87** (2019), 510–518.
- [14] N. Supić i R. Precali, *Statističke metode u ocenologiji*, [https://www2.irb.hr/korisnici/precali/Znanost.o.../Stat\\_p04\\_2015.pptx](https://www2.irb.hr/korisnici/precali/Znanost.o.../Stat_p04_2015.pptx), (kolovoz 2019).



# Sažetak

Cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti koliko su učenici osnovnih i srednjih škola upoznati s različitim energetske konceptima te kako ih primjenjuju u različitim kontekstima. Pri konstrukciji testa korišteni su zadaci s web stranice projekta Američke udruge za napredak znanosti (AAAS- American Association for the Advancement of Science) Project 2061. Test je sadržavao 16 pitanja višestrukog izbora u kojima su učenici trebali primijeniti različite ideje vezane za energetske koncepte. Istraživanje je provedeno u Zagrebu na 252 učenika osmog razreda osnovne škole i 224 učenika trećeg razreda srednje škole. Analiza podataka dala je uvid u postotak točnih odgovora za učenike osnovnih i srednjih škola za svaki zadatak i za svako konceptualno područje, ali i postotak najčešće izabranih pogrešnih odgovora iz čega se dobiva uvid u učeničke miskonceptije. Nadalje, uspoređeni su rezultati hrvatskih i američkih učenika čiji su podaci uzeti s web stranice AAAS projekta 2061. Učenici su najbolje riješili zadatke iz konceptualnog područja Oblici energije, zatim iz Pretvorbe energije, a najlošije su riješeni zadaci iz konceptualnih područja Unutarnja energija i Zakon očuvanja energije. Učenici osnovne škole su imali bolje rezultate na zadacima iz konceptualnog područja Oblici energije, dok su učenici srednje škole značajno bolje riješili zadatke sa zakonom očuvanja energije. U prosjeku su hrvatski učenici nešto bolje rješavali zadatke iz testa od američkih učenika, ali ta razlika je bila prisutna samo u nekim zadacima. U zadnje vrijeme u našem obrazovanju naglašava se aktivno sudjelovanje učenika u nastavi, međutim miskonceptije, koje nije lako i jednostavno promijeniti, uvelike pridonose kako učenici prihvaćaju i savladavaju novo gradivo u fizici. Rezultati ovog diplomskog rada ukazuju da je u nastavi potrebno više pažnje posvetiti zakonu očuvanja energije kod svih oblika i pretvorbi energije, ali i pojmu unutarnje energije.

# Summary

The aim of this graduate thesis was to explore how much the elementary and high-school students are familiar with different energy concepts and how they apply them in different contexts. The test was constructed using questions from the AAAS Project 2061 website. The test consisted of 16 multiple-choice questions in which students were asked to apply different ideas regarding energy concepts. The study was conducted in Zagreb on 252 eighth-grade elementary students and 224 third-grade high-school students. The data analysis gave an insight into the percentage of correct answers for both elementary and high-school students for each question and each conceptual domain, as well as the percentage of the most frequently chosen wrong answers, which gave an insight into student misconceptions. Furthermore, the results of Croatian and American students whose data were taken from the AAAS Project 2061 website were compared. The students solved questions in the conceptual domain Energy Forms best, then the questions about the Energy Transformation, and the worst solved are questions in the conceptual domains Thermal Energy and Energy Conservation. Elementary school students had better test results in the conceptual domain Energy Forms, while high-school students significantly better solved questions about energy conservation. On average, the Croatian students had somewhat better test results than the American students, however, this difference was apparent only for some test items. Recently in our education, there is an emphasis on the active participation of students in classes, but misconceptions, which are not easy or simple to change, greatly contribute to the students' acceptance and mastering of the new ideas in physics. The results of this thesis indicate that more attention needs to be paid to the energy conservation in all forms and transformations of energy, as well as to the concept of thermal energy.

# Životopis

Zovem se Iva Nikić i rođena sam 04.05.1992. godine u Zagrebu. Pohađala sam Osnovnu školu Nikole Tesle u Zagrebu. Već u sedmom razredu fizika me zainteresirala, a nakon upisa i završetka IX. gimnazije u Zagrebu interes za matematiku i fiziku sve više raste. Shodno tome upisujem studij matematike i fizike, nastavnički smjer na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom studija zapošljavam se u tvrtki Photomath gdje do današnjeg dana radim na razvoju aplikacije, odnosno kreiranju matematičkog sadržaja.

# Prilog A

**Grupa A**

1. Dva tijela se gibaju jednakom brzinom. Tijela imaju različite iznose kinetičke energije. Što od ponuđenog mora biti točno?

- A. Tijela su različitih veličina.
- B. Tijela imaju različite oblike.
- C. Tijela imaju različite mase.
- D. Tijela su napravljena od različitih materijala.

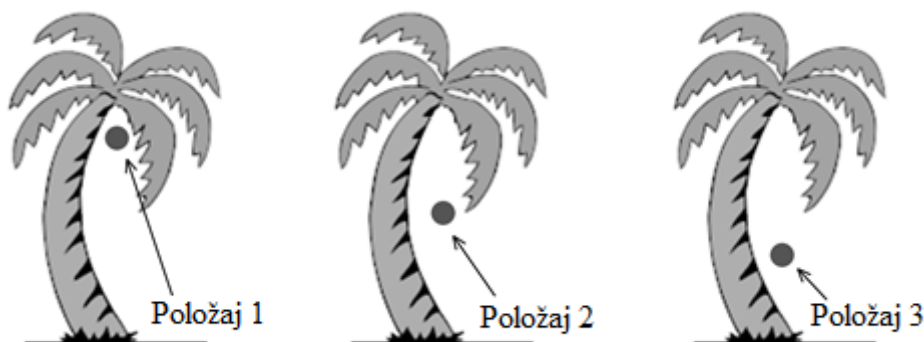
2. Dječak ima dva jednaka kolačića od kojih je jedan kolačić vruć, a drugi je kolačić iste temperature kao i zrak u sobi. On stavi oba kolačića na hladan tanjur. Koji će kolačić prenijeti više topline tanjuru? Zašto?

- A. Vrući kolačić će prenijeti više topline jer samo vruća tijela prenose toplinu.
- B. Vrući kolačić će prenijeti više topline jer je temperaturna razlika između vrućeg kolačića i hladnog tanjura veća nego temperaturna razlika između kolačića na sobnoj temperaturi i hladnog tanjura.
- C. Oba kolačića prenose jednaku količinu topline jer su oba jednake veličine, i količina prenesene topline ovisi o veličini, a ne o temperaturi.
- D. Ni jedan kolačić ne prenosi toplinu na tanjur, nego se prenosi hladnoća s tanjura na kolačiće.

3. O čemu ovisi unutarnja energija tijela?

- A. I o masi i o temperaturi tijela.
- B. O masi tijela, ali ne i o temperaturi tijela
- C. O temperaturi tijela, ali ne i o masi tijela.
- D. Ni o masi ni o temperaturi tijela.

4. Kokos pada s palme.



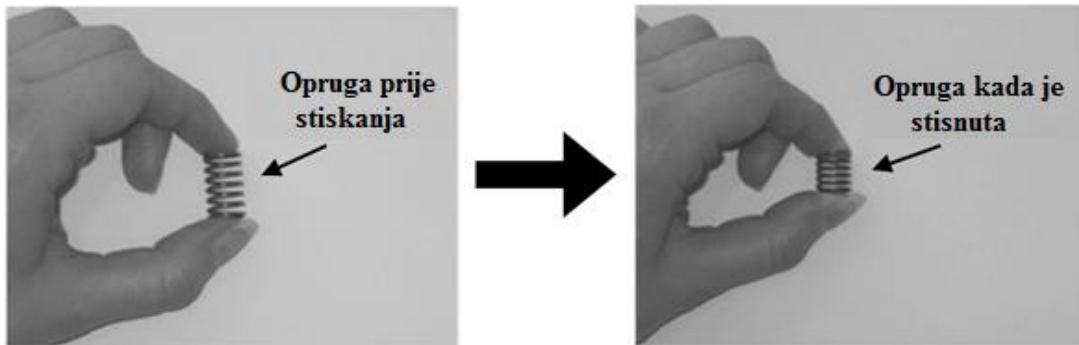
Kada kokos ima najveću gravitacijsku potencijalnu energiju?

- A. Kada je kokos u položaju 1
- B. Kada je kokos u položaju 2
- C. Kada je kokos u položaju 3
- D. Kokos ima jednak iznos gravitacijske potencijalne energije u svim položajima

5. Djevojka gurne knjigu i ona klizi po stolu. Knjiga usporava i na kraju stane. Dok se knjiga giba, i knjiga i stol postanu malo topliji. Što se dogodilo s kinetičkom energijom knjige?

- A. Pretvorila se u silu, ali ne i u unutarnju energiju.
- B. Pretvorila se u unutarnju energiju, ali ne i u silu.
- C. Pretvorila se i u unutarnju energiju i u silu.
- D. Potrošila se i nije se pretvorila ni u silu ni u unutarnju energiju.

6. Učenik stisne oprugu.



Kako se elastična energija opruge mijenja kad je učenik stisne?

- A. Elastična energija opruge se povećava kad je učenik stisne.
- B. Elastična energija opruge se smanji kad je učenik stisne.
- C. Elastična energija opruge se ne mijenja kad je učenik stisne.
- D. Potrebno je više podataka da bi se reklo kako se elastična energija mijenja.

7. Hladno tijelo je u dodiru s toplim tijelom. Koji od ponuđenih odgovora opisuje prijenos energije između ta dva tijela?

- A. Toplina se prenosi s toplog tijela na hladno tijelo.
- B. Hladnoća se prenosi s hladnog tijela na toplo tijelo.
- C. Toplina se prenosi s toplog tijela na hladno tijelo i hladnoća se prenosi s hladnog tijela na toplo tijelo.
- D. Nema prijenosa energije između hladnog tijela i toplog tijela.

8. Što od ponuđenog ima unutarnju energiju?



- A. Samo živa osoba.
- B. Samo živa osoba i novčić.
- C. Samo živa osoba i mrtva biljka.
- D. Živa osoba, novčić i mrtva biljka.

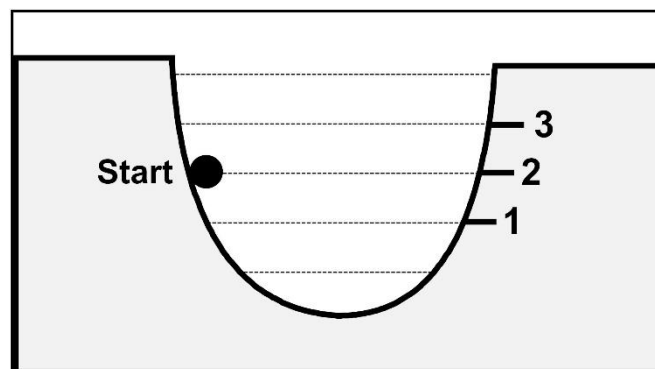
9. Djevojčica i dječak drže svoje lopte. Djevojčica svoju loptu baci, a dječak ispusti svoju loptu. Koja tvrdnja opisuje kinetičke energije lopti dok se one gibaju zrakom?

- A. I lopta koja je bačena i lopta koja je ispuštena imaju kinetičku energiju.
- B. Lopta koja je bačena ima kinetičku energiju, ali lopta koja je ispuštena nema.
- C. Lopta koja je ispuštena ima kinetičku energiju, ali lopta koja je bačena nema.
- D. Ni lopta koja je bačena ni lopta koja je ispuštena nemaju kinetičku energiju.

10. O čemu ovisi unutarnja energija tijela?

- A. I o brzini i o broju molekula od kojih je tijelo napravljeno.
- B. O brzini molekula od kojih je tijelo napravljeno, ali ne i o broju molekula.
- C. O broju molekula od kojih je tijelo napravljeno, ali ne i o brzini molekula.
- D. Ni o brzini ni o broju molekula od kojih je tijelo napravljeno.

11. Zamislite kuglicu na stazi na kojoj nema prijenosa energije između kuglice i staze te između kuglice i zraka oko nje. Kuglica na početku miruje na položaju s oznakom Start i počne se gibati po stazi prema položajima 1, 2 i 3.



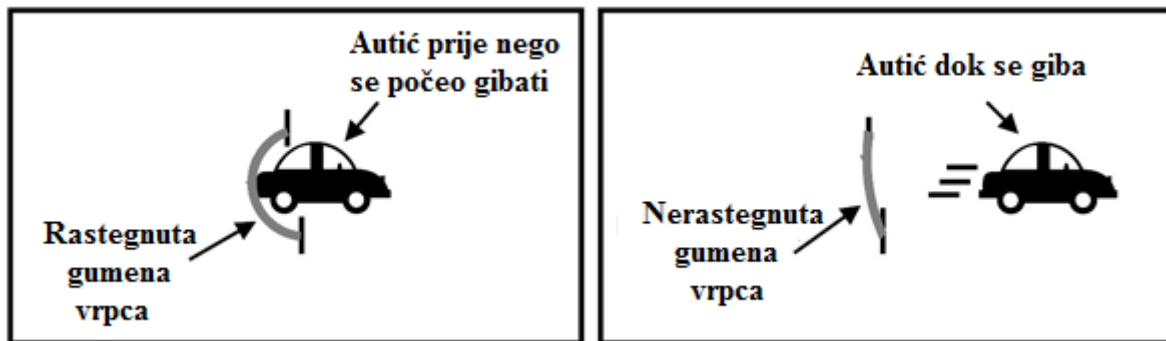
Koji je najviši položaj na koji će kuglica stići prije nego li se zaustavi i počne vraćati po stazi? (Sjetite se da nema prijenosa energije između kuglice i staze te između kuglice i zraka oko nje)

- A. Položaj 1
- B. Položaj 2
- C. Položaj 3
- D. Ovisi o tome kolika je težina kuglice.

12. Dolazi li do pretvorbe energije kada kamen pada s litice? Obrazloži.

- A. Da, kinetička energija se pretvara u gravitacijsku potencijalnu energiju dok kamen pada.
- B. Da, gravitacijska potencijalna energija se pretvara u kinetičku energiju dok kamen pada.
- C. Ne, jer je kamen izgubio svu gravitacijsku potencijalnu energiju kada se počeo gibati.
- D. Ne, jer se jedan oblik energije ne može pretvoriti u drugi oblik energije.

13. Učenik koristi gumenu vrpca da ispuca igračku autić po ravnom podu. Pretpostavite da nema prijenosa energije između autića i poda te između autića i zraka.



Što se dogodi s ukupnim iznosom energije sustava (autić i gumena vrpca) kada se autić giba po podu i više nije u dodiru s gumenom vrpcom?

- A. Ukupni iznos energije sustava će se povećati jer se kinetička energija autića povećava a elastična energija gumene vrpce ostaje jednaka.
  - B. Ukupni iznos energije sustava će se povećati jer je povećanje kinetičke energije autića veće nego smanjenje elastične energije gumene vrpce.
  - C. Ukupni iznos energije sustava će se smanjiti jer je povećanje kinetičke energije autića manje nego smanjenje elastične energije gumene vrpce.
  - D. Ukupni iznos energije sustava će ostati jednak jer je povećanje kinetičke energije autića jednako smanjenju elastične energije gumene vrpce.
14. Kako je srednja brzina molekula u tijelu povezana s unutarnjom energijom tijela?
- A. Kada se srednja brzina molekula povećava, unutarnja energija tijela se povećava.
  - B. Kada se srednja brzina molekula povećava, unutarnja energija tijela se smanji.
  - C. Odnos srednje brzine molekula u tijelu i unutarnje energije tijela ovisi o tome je li tijelo u krutom, tekućem ili plinovitom stanju.
  - D. Srednja brzina molekula u tijelu nije povezana s unutarnjom energijom tijela.
15. O čemu ovisi elastična energija tijela koje je rastegnuto?
- A. Ovisi o tome koliko je tijelo rastegnuto i koliko ga je teško rastegnuti.
  - B. Ovisi o tome koliko je tijelo rastegnuto, ali ne o tome koliko ga je teško rastegnuti.
  - C. Ovisi o tome koliko je teško rastegnuti tijelo, ali ne o tome koliko je tijelo rastegnuto.
  - D. Ne ovisi ni o tome koliko je tijelo rastegnuto ni o tome koliko ga je teško rastegnuti.
16. Učenik baci dvije jednake lopte u zrak. Da bi lopte imale jednak iznos gravitacijske potencijalne energije u određenom trenutku, što mora biti zadovoljeno?
- A. Lopte se moraju gibati jednakom brzinom.
  - B. Lopte moraju biti na jednakoj visini od tla.
  - C. Lopte moraju biti bačene u isto vrijeme.
  - D. Lopte moraju biti bačene s jednakim iznosom sile.