

Nove vrste nalog – kaj, zakaj in kako

doc. dr. Andreja Šarlah in prof. dr. Gorazd Planinšič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

Izvleček

V času hitro spreminjajočega se sveta in velikega tehnološkega napredka smo učitelji poklicani, da pomagamo učencem, dijakom in študentom razviti višje miselne procese, globoko razumevanje in strategije reševanja problemov, ki so značilne za strokovnjake. Tradicionalne naloge v učbenikih in zbirkah nalog običajno sprašujejo po določeni številski vrednosti, pri čemer so podani vsi podatki in vse predpostavke, ki omogočajo izračun končnega rezultata. Takšne naloge je pogosto mogoče uspešno rešiti že z iskanjem ustreznih enačb, brez razumevanja fizikalnih pojavov v ozadju problema. Raziskave kažejo, da reševanje tovrstnih nalog učencem, dijakom in študentom ne pomaga razviti globljega razumevanja fizikalnih vsebin in oblikovati povezanega znanja, kar je ključno za sposobnost uporabe znanja v novih okoliščinah. Potreba po novih vrstah nalog, ki pomagajo dijakom razvijati takšna znanja, obstaja že nekaj časa, s skokovitim razmahom orodij jezikovne umetne inteligence (npr. ChatGPT) pa so tovrstne naloge postale nepogrešljive. V članku opišemo nekatere vrste netradicionalnih nalog in predstavimo, katere veščine pomagajo razviti ter na kaj moramo paziti pri sestavljanju in uvajanju tovrstnih nalog v pouk fizike.

Ključne besede: netradicionalne naloge, sestavljanje nalog, ISLE

New Types of Problems: What, Why, and How

Abstract

In the era of fast technological development and a rapidly changing world, teachers must help students develop higher-level thinking skills, conceptual understanding, and problem-solving strategies similar to those employed by experts. Traditional end-of-chapter problems in introductory physics textbooks typically ask for a specific numerical value while providing all necessary data and making all simplifying assumptions that are needed to find the solution. Such problems can usually be solved by searching for relevant equations without comprehending the underlying physical phenomena. According to research, completing such assignments does not assist students in developing a deeper understanding of physical concepts or coherent knowledge crucial to applying the knowledge in new circumstances. For some time, there has been a demand for new types of problems that help students build such knowledge. With the rapid development of technologies powered by artificial intelligence (such as ChatGPT), such activities have become vital. This article outlines various types of non-traditional problems and the skills they help develop, as well as what to consider when creating and introducing such tasks into physics education.

Keywords: non-traditional problems, problems design, ISLE

1 Uvod

Reševanje ne le računskih nalog je sestavni del poučevanja in učenja fizike na osnovnošolski, srednješolski in univerzitetni ravni. Vendar pa se v času hitrega tehnološkega razvoja, ko se od širšega kroga strokovnjakov pričakujejo višje ravni razmišljanja in znanstvene veščine, značilne za fiziko, kaže potreba po spremembi načina poučevanja in učenja, ki naj privede do sprememb v uspešnosti pridobivanja fizikalnih znanj in kompetenc.

Tradicionalne naloge v učbenikih in zbirkah nalog praviloma sprašujejo po številski vrednosti, hkrati pa nudijo vse podatke in predpostavke, ki omogočajo izračun. Pogosto opazimo, da učenci, dijaki in tudi študenti (v nadaljevanju bomo uporabljali izraz dijaki za vse tri skupine) take naloge rešujejo z iskanjem enačbe ali kombinacije več enačb, v katero/katere lahko vstavijo podane podatke in dobijo iskano količino, ne da bi pri tem razumeli, kaj se v opisanem problemu dogaja [1]. Njihove rešitve so osredotočene na »formule«. Po drugi strani pa

Kot kažejo raziskave, reševanje velikega števila tradicionalnih nalog lahko pomaga dijakom pri izboljšanju matematičnih veščin, vendar pri tem ne izboljšajo tudi konceptualnega razumevanja.

strokovnjaki s kvalitativno analizo in z različnimi upodobitvami poskušamo priti do razumevanja, kaj se dogaja, in šele nato problem prevedemo v matematični jezik, v matematično upodobitev [2]. Kot kažejo raziskave, reševanje velikega števila tradicionalnih nalog lahko pomaga dijakom pri izboljšanju matematičnih veščin, vendar pri tem ne izboljšajo tudi konceptualnega razumevanja. Obenem pa raziskave kažejo tudi, da dijaki, ki nimajo povezanega znanja oz. konceptualnega razumevanja, tega znanja z reševanjem tradicionalnih nalog ne razvijejo, četudi rešijo prek tisoč takšnih nalog [3]. Za razvoj povezanega znanja zato potrebujemo drugačne vrste nalog. Raziskave tudi kažejo, da pomanjkljivosti v svojem razumevanju lažje odkrijejo dijaki z dobrim konceptualnim razumevanjem, medtem ko se dijaki s slabšim konceptualnim razumevanjem svojih napak zavejo šele, če jim ne uspe izvesti potrebnih matematičnih postopkov [4].

Naj k vsemu navedenemu dodamo še priporočila izobraževalnim delavcem, naj pomagajo vsem dijakom, ne le bodočim fizikom, da razvijejo višje ravni razmišljanja, konceptualno razumevanje in strategije reševanja problemov, podobne tistim, ki jih uporabljajo strokovnjaki. Tako je naloga nas učiteljev, da uporabljamo in razvijamo nove vrste nalog, ki bodo dijakom pomagale na poti do navedenih ciljev.

2 Nove vrste nalog

V strokovni literaturi ni splošno sprejete definicije za izraz *nove vrste nalog*. V tem članku bomo izraz uporabljali za naloge, ki ustrezajo dvema pogojema: to so naloge, ki (1) pomagajo dijakom razviti konceptualno razumevanje in ki (2) presegajo naloge, ki podajo natanko tiste podatke, ki so potrebni za rešitev, ki podajo vse potrebne predpostavke in ki sprašujejo po numerični vrednosti določene količine. Nekaj značilnih vrst novih nalog s kratkimi opisi smo zbrali v tabeli 1 [5], v nadaljevanju pa jih ob primerih predstavimo podrobneje. Še več podobnih nalog je na voljo predvsem v učbeniku [6] pa tudi v gradivih [7].

Tabela 1: Nekaj značilnih vrst novih nalog, ki pomagajo dijakom razviti konceptualno znanje in uspešne strategije reševanja fizikalnih problemov.

Vrsta naloge	Opis	Razvoj sposobnosti
»Razvrsti po velikosti«	Dijaki morajo razvrstiti vrednosti določene fizikalne količine v različnih situacijah v naraščajočem ali padajočem vrstnem redu.	Primerjati in razlikovati primere in količine, predstavljati si situacijo.
»Izberi odgovor in pravilno razlago«	Dijaki morajo izbrati tako pravilni odgovor kot tudi pravilno/najboljšo pripadajočo razlago.	Prepoznati pravilno vzročno-posledično zvezo ali mehanizem; argumentirati.
»Ovrednoti«	Dijaki morajo kritično ovrednotiti razmislek nekoga drugega ali predlagane rešitve naloge.	Kritično razmišljati, poslušati druge in biti pozoren na ideje drugih, prepoznati produktivne ideje in jih razlikovati od neproduktivnih.
»Oceni (na podlagi podatkov)«	Dijaki morajo na podlagi podanega v nalogi presoditi o veljavnosti ene ali več razlag, včasih z upoštevanjem negotovosti.	Analizirati podatke, zavrniti razlago.
»Lineariziraj«	Dijaki morajo napisati enačbo, ki opiše situacijo, jo preurediti, da dobijo linearno funkcijo, narisati graf funkcije in ustrezno premico ter na podlagi premice določiti iskane količine.	Povezati znanje fizike in matematike, preoblikovati v linearno odvisnost.
Naloge z več možnimi rešitvami	Dijaki morajo na podlagi podanega naštetih (in izračunati) čim več fizikalnih količin ali povedati vse, kar lahko, o fizikalnih lastnostih teles/snovi, ki se pojavljajo v nalogi, ali o relacijah med njimi.	Predstavljati si situacijo, ločiti, kaj je pomembno in kaj ne, zavedati se predpostavk in njihovega vpliva na rešitve.
Obratne naloge	Dijaki morajo pretvoriti podano upodobitev rešitve v nalogo.	Prehajati med različnimi upodobitvami, ubesediti svoje ideje, poznati in razumeti pomen fizikalnih količin in njihovih enot.

Obenem pa raziskave kažejo tudi, da dijaki, ki nimajo povezanega znanja oz. konceptualnega razumevanja, tega znanja z reševanjem tradicionalnih nalog ne razvijejo, četudi rešijo prek tisoč takšnih nalog.

Vse v nadaljevanju predstavljene naloge so bile razvite v skladu z učnim pristopom »znanstvenoraziskovalno učno okolje« oz. ISLE (Investigative Science Learning Environment) [5, 8]. Pristop je bil že predstavljen v *Fiziki v šoli* [9], pred kratkim pa sta svoje izkušnje z uporabo pristopa predstavila učitelja [10]. Značilnost pristopa ISLE je, da za pridobivanje znanja dijake vključi v aktivnosti, ki posnemajo dejanske aktivnosti v fiziki. Pri tem uporabljajo orodja in vzorce razmišljanja, ki ga fiziki uporabljamo pri konstituiranju in uporabi znanja. Tako aktivnosti ISLE, med njimi tudi nove vrste nalog, pomagajo dijakom razviti povezano znanje, globlje konceptualno razumevanje ter mnoge kompetence in veščine, podobne tistim, ki jih uporabljamo strokovnjaki. Čeprav so bile naloge razvite za delo v okviru pristopa ISLE, pa jih je mogoče uspešno uporabljati tudi v kombinaciji z drugimi učnimi pristopi.

Značilnost pristopa ISLE je, da za pridobivanje znanja dijake vključi v aktivnosti, ki posnemajo dejanske aktivnosti v fiziki.

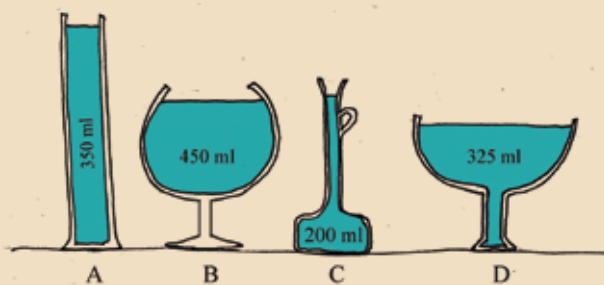
2.1 Naloge »razvrsti po velikosti«

Naloga »razvrsti po velikosti« se po navadi začne z opisom več podobnih situacij, ki pa se razlikujejo po vrednosti ene ali več fizikalnih količin (na primer višina stolpca kapljevine v posodi). Dijake vprašamo po razvrstitvi situacij v naraščajočem ali padajočem vrstnem redu glede na vrednost neke druge fizikalne količine (na primer hidrostatičnega tlaka na dno posode). Dodatno jih lahko še pozovemo, naj svojo razvrstitev pojasnijo. Reševanje nalog te vrste pomaga dijakom razviti sposobnost primerjati in razlikovati različne primere in količine ter predstavljati si situacijo. Naloge »razvrsti po velikosti« so opisane v literaturi [5, 11], redno pa so uporabljene v testih AP (testi Advanced Placement Program, AP) v ZDA [12], ki imajo podobno vlogo kot slovenska matura.

Primer naloge »razvrsti po velikosti« je naloga 1 [6]. V njej morajo dijaki razvrstiti posode po velikosti tlaka, ki ga na dno povzroča voda v njih. Dijaki morajo najprej ugotoviti, da je tlak na dno posode odvisen le od višine vode v posodah, ne pa tudi od prostornine vode, ki je sicer podana, a za dani problem nepomembna. Višine morajo na sliki prepoznati / si jih predstavljati, jih nato primerjati med seboj in urediti v skladu z navodilom naloge, $p_A > p_C > p_D > p_B$.

Naloga 1, razvrsti po velikosti

Štiri posode napolnimo z različno prostornino vode, kot kaže slika. Razvrstite posode po padajočem tlaku, ki ga voda povzroča na dno posode.



2.2 Naloge »izberi odgovor in pravilno razlago«

Naloga »izberi odgovor in pravilno razlago« se po navadi začne z opisom situacije, od dijaka pa zahteva, da prepozna zvezo med fizikalnimi količinami ali da napove, kaj se bo zgodilo. V nalogi je podanih več možnosti, med katerimi morajo dijaki izbrati tisto, ki vsebuje tako pravilni odgovor kot najboljšo razlago. Pri nalogah te vrste je pomembno, da je med podanimi možnostmi vsak odgovor povezan z vsaj dvema različnima razlagama, ki razlikujeta med dijaki s konceptualnim razumevanjem in dijaki, ki imajo le površno razumevanje. Tovrstne naloge nudijo učitelju vpogled v razmislek in težave dijakov, zato so posebej primerne za formativno preverjanje. Dijakom reševanje nalog te vrste pomaga poleg prepoznavanja pravilnega odgovora razviti tudi sposobnost prepoznavanja pravilne vzročno-posledične zveze in sposobnost argumentacije. Ker naloge pogosto združujejo različne fizikalne teme, pomagajo pri izgradnji povezanega znanja. Tudi naloge te vrste so redno vključene v teste AP [12].

Naloga »izberi odgovor in pravilno razlago« se po navadi začne z opisom situacije, od dijaka pa zahteva, da prepozna zvezo med fizikalnimi količinami ali da napove, kaj se bo zgodilo.

V primeru naloge »izberi odgovor in pravilno razlago«, podane v nalogi 2 [6], morajo dijaki poiskati silo, ki je po tretjem Newtonovem zakonu (3NZ) par podani sili, s katero Zemlja deluje na knjigo, ki leži na mizi, $\vec{F}_{Z \text{ na } K}$. Ponujeni sta dve sili, poleg pravilnega odgovora še sila, s katero miza deluje na knjigo, $\vec{F}_{M \text{ na } K}$. Slednjo dijaki pogosto interpretirajo kot silo, ki je po 3NZ par sili $\vec{F}_{Z \text{ na } K}$, ker je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna sili $\vec{F}_{Z \text{ na } K}$. Dosledna uporaba dvojne notacije, kot je uporabljena v tem članku, znatno pripomore k boljšemu razumevanju Newtonovih zakonov in zato k uspešnejšemu reševanju tovrstnih nalog. Dijaki, ki že vedo, da mora pravilen par k sili $\vec{F}_{Z \text{ na } K}$ vsebovati silo, s katero knjiga deluje na Zemljo, $\vec{F}_{K \text{ na } Z}$, morajo prepoznati še boljšo od podanih razlag (odgovor d), ki pravi, da sta sili par po 3NZ zato, ker opisujeta isto interakcijo (učinkovanje enega telesa na drugega oz. obratno). Kot vidimo že na primeru sile $\vec{F}_{M \text{ na } K}$, namreč ni vsaka sila, ki je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna določeni sili, tudi že njen par po 3NZ. Kot smo ob tem primeru ugotavljali v diskusiji na letošnjih študijskih dnevih za učitelje fizike, so vzroki za napačno razlago tako večinoma v tem, da kljub podani polni definiciji 3NZ marsikateremu dijaku ostane v spominu le njen kvantitativni del (v učbenikih izpisan tudi z enačbo), deloma pa morda tudi v pomanjkljivem/napačnem pomenu, ki ga 3NZ pripisuje sam učitelj.

Naloga 2, izberi odgovor in pravilno razlago

Knjiga leži na mizi. Katera sila je po tretjem Newtonovem zakonu par sili, s katero Zemlja deluje na knjigo? Izberite pravilni odgovor z najboljšo razlago.

- Sila, s katero miza deluje na knjigo, ker je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna sili, s katero Zemlja deluje na knjigo.
- Sila, s katero miza deluje na knjigo, ker se miza in knjiga dotikata.
- Sila, s katero miza deluje na knjigo, ker opisuje isto interakcijo.
- Sila, s katero knjiga deluje na Zemljo, ker opisuje isto interakcijo.
- Sila, s katero knjiga deluje na Zemljo, ker je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna sili, s katero Zemlja deluje na knjigo.

2.3 Naloge »ovrednoti«

Naloge »ovrednoti« so razmeroma nove [5]. Naloga se po navadi začne z opisom naloge, ki so jo reševali (namišljeni) dijaki, nadaljuje pa se z opisom odgovorov ali rešitev, ki naj bi jih bili ti podali. Podane rešitve so lahko grafi, diagrami, enačbe, pisni odgovori ali njihova kombinacija. Dijaki morajo kritično oceniti podane rešitve in pri tem prepoznati tudi produktivne ideje v sicer napačnih rešitvah. Reševanje nalog »ovrednoti« pomaga pri razvoju kritičnega mišljenja, saj dijake spodbuja, da se osredotočijo na razmišljanje drugih ter da razlikujejo med produktivnimi in neproduktivnimi idejami, in to tudi v primerih, ko so te združene v enem odgovoru. Naloge »ovrednoti« dopuščajo različne stopnje poglobljenosti in obsega rešitev, kar dijakom z različnim znanjem in izkušnjami omogoča, da so uspešni pri reševanju naloge.

Primer naloge »ovrednoti« je naloga 3 [6], ki obravnava razmislek treh dijakov, kaj bi morali storiti, da bi se premaknile sani, na katerih sedijo. Dijaki morajo prepoznati, da se prvi od dijakov, Luka, osredotoča le na silo lepenja (komponento sile podlage, $\vec{F}_{P \text{ na } S}$, ki je vzporedna s klancem), drugi, Mark, pa le na dinamično komponento sile, s katero Zemlja deluje na sistem sani s potniki. Tako Luka ne upošteva, da se bo ob tem, ko bo eden od njih vstal, zmanjšala ne le statična komponenta sile, s katero Zemlja deluje na sistem, in s tem sila lepenja, ampak tudi dinamična komponenta, zato bo sistem še vedno miroval. V pogoju za ravnovesje sil masa sistema ne nastopa. Mark pa, nasprotno, ne upošteva, da se bo ob povečanju mase sistema poleg dinamične komponente sile povečala tudi statična in s tem sila lepenja. Tretja, Zala, upošteva, da le sprememba mase sistema ne bo spremenila pogoja za ravnovesje. Njen predlog tako vključuje zmanjšanje sile lepenja ob nespremenjeni dinamični in statični komponenti sile, s katero Zemlja deluje na sistem. Naloga dopušča dodatne razmisleke o predpostavkah in o tem, kako bi se razmislek/izid spremenil, če ne bi veljale.

Reševanje nalog »ovrednoti« pomaga pri razvoju kritičnega mišljenja, saj dijake spodbuja, da se osredotočijo na razmišljanje drugih ter da razlikujejo med produktivnimi in neproduktivnimi idejami, in to tudi v primerih, ko so te združene v enem odgovoru.

Naloga 3, ovrednoti

Luka, Mark in Zala sedijo na sankah na pobočju, ki ga prekriva trd sneg. Sanke mirujejo. Prijatelji imajo različne predloge, kako bi dosegli, da bi se začele premikati:

Luka: Če bo eden od nas vstal s sani, se bodo začele premikati.

Mark: Povabiti bi morali še koga, da se nam pridruži, pa bi se sanke začele premikati.

Zala: Vsi bi morali vstati, spolirati dno sank, da bi bile bolj gladke, nato pa se usesti nazaj nanje. Potem bi se sanke premaknile.

Komentirajte predloge dijakov in določite, čigavo razmišljanje je pravilno. Razložite, zakaj so ti, ki nimajo prav, rekli, kar so, in označite, kateri del njihovega razmisleka je pravilen. Pri tem uporabite fizikalne koncepte, vključno z ustreznimi diagrami.

2. 4 Naloge »oceni (na podlagi podatkov)«

Naloga »oceni (na podlagi podatkov)« se po navadi začne z opisom pojava ali izida poskusa. Opis vsebuje pomembne podatke ali druge dokaze, na podlagi katerih morajo dijaki presoditi o veljavnosti ene ali več razlag. Pri tem morajo včasih upoštevati tudi merske negotovosti. Z reševanjem nalog te vrste dijaki razvijajo sposobnost analiziranja podatkov in sposobnost, kako ovreči razlago, s čimer razvijajo kritično (znanstveno) mišljenje. Naloge so v literaturi razmeroma nove [5]. K premislekom te vrste dijake spodbudi tudi katero od zaključnih vprašanj pri novejših strukturiranih nalogah na maturi [13].

V primeru naloge »oceni (na podlagi podatkov)«, naloga 4 [6], morajo dijaki presoditi, ali je podani graf skladen s fizikalnimi zakoni. Dijaki morajo najprej prepoznati, kateri fizikalni zakoni so relevantni za situacijo, ki je opisana v nalogi, in si zastaviti prava vprašanja, to je, (i) ali podatki na grafu ustrezajo temu, da je skupna gibalna količina teles med poskusom konstantna (saj so morebitne sile, ki bi lahko povzročale sunek sile in bi spremenile gibalno količino, zanemarljive) in (ii) ali je med poskusom konstantna skupna kinetična energija. Nato morajo na podlagi podatkov določiti vrednost ustreznih količin, odgovoriti na vprašanja, ki so si ju zastavili, in odgovora pravilno interpretirati. Tako ugotovijo, da je telo A pred trkom mirovalo, telo B pa se je gibalo s hitrostjo 0,5 m/s, po trku pa se telo A giblje s hitrostjo 0,3 m/s v smeri, v katero se je na začetku gibalo telo B, telo B pa se giblje v nasprotni smeri s hitrostjo 0,1 m/s. Gibalna količina teles pred trkom je tako enaka

$G_{\text{pred}} = 2,0 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m/s} + 1,0 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s} = 0,5 \text{ kg m/s}$, po trku pa

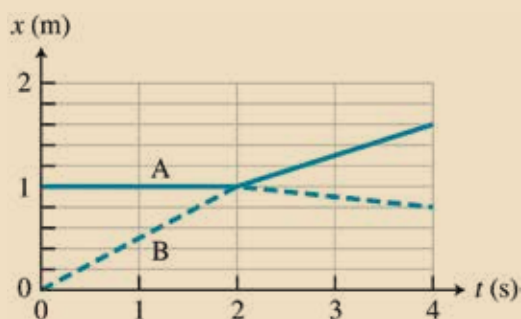
$G_{\text{po}} = 2,0 \text{ kg} \cdot 0,3 \text{ m/s} + 1,0 \text{ kg} \cdot (-0,1 \text{ m/s}) = 0,5 \text{ kg m/s}$. Proces, ki ga kaže graf, je torej skladen z zakonom o ohranitvi gibalne količine. Podobno ugotovimo, da se je pri poskusu kinetična energija teles zmanjšala, zato ne gre za prožni trk. Z navodilom, naj poleg odgovora podajo tudi razlago, dijake spodbudimo k razmisleku o rezultatu, njegovi smiselnosti in argumentirani presoji.

Z navodilom, naj poleg odgovora podajo tudi razlago, dijake spodbudimo k razmisleku o rezultatu, njegovi smiselnosti in argumentirani presoji.

Naloga 4, oceni (na podlagi podatkov)

Nekdo vam reče, da spodnja slika kaže graf premika v odvisnosti od časa za dva vozička na ravnem tiru pred in po trku, pri čemer sta trenje in zračni upor zanemarljiva. Masa vozička A je 2,0 kg in masa vozička B 1,0 kg.

- Je graf skladen s fizikalnimi zakoni? Razložite.
- Če je, je trk prožen ali neprožen? Razložite.



2. 5 Naloge »lineariziraj«

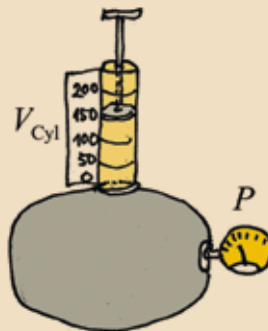
Naloga »lineariziraj« se lahko začne kot tradicionalna naloga, v kateri morajo dijaki na podlagi podanih podatkov poiskati eno ali več neznanih količin. Dijaki morajo najprej napisati enačbo, ki ustreza situaciji v nalogi. Nato morajo enačbo preurediti, da dobijo linearno funkcijo. Zatem morajo dijaki narisati graf in premico, ki se podatkom najbolje prilega, iz parametrov te premice pa izračunati neznane količine. Pri nalogah z linearizacijo morajo dijaki povezati znanje fizike s sposobnostjo risanja in branja grafov, s sposobnostjo dela z enačbami, preoblikovanja v linearno odvisnost in določanja ustreznih parametrov premice ter s sposobnostjo povezovanja teh parametrov s fizikalnimi količinami. Naloge te vrste se občasno pojavijo na testih AP. Elemente naloge »lineariziraj« pogosto vsebuje tudi naloga iz merjenj na slovenski maturi. V njej morajo dijaki praviloma iz parametrov premice, ki se najbolje prilega podanim izmerkom, določiti vrednosti iskanih količin, ni pa jim treba samostojno določiti ustrezne zveze in je preoblikovati v obliko linearne funkcije.

Kot primer naloge »lineariziraj«, naloga 5 [6], podajamo nalogo, ki opisuje poskus z idealnim plinom, kjer naj dijaki na podlagi podatkov o tlaku v odvisnosti od spremembe prostornine plina določijo začetno prostornino plina in njegovo množino. Dijaki morajo najprej zapisati enačbo za idealni plin in upoštevati, da je prostornina plina vsota neznane začetne prostornine V_0 in spremembe prostornine V_{bat} zaradi premikanja bata, $p(V_0 + V_{\text{bat}}) = nRT$. Nato morajo enačbo preurediti tako, da dobijo linearno funkcijo, $\frac{1}{p} = V_{\text{bat}} \frac{1}{nRT} + \frac{V_0}{nRT}$, in jo povezati z matematičnim izrazom za premico, $y = kx + n'$. Dobljeno linearno odvisnost morajo upoštevati pri risanju grafa, tj. upoštevati morajo, da tlak plina v linearni odvisnosti nastopa v obliki $1/p$. Nato morajo dijaki z grafa odčitati parametre premice $k = 5,75 \cdot 10^{-4} \text{ (} 10^5 \text{ ml Pa)}^{-1}$ in $n' = 0,230 \text{ (} 10^5 \text{ Pa)}^{-1}$, iz zveze med njimi in fizikalnimi količinami, $k = \frac{1}{nRT}$ in $n' = \frac{V_0}{nRT}$, pa na koncu določijo še začetno prostornino $V_0 = 400 \text{ ml}$ in množino plina $n = 6,97 \text{ mol}$.

Pri nalogah z linearizacijo morajo dijaki povezati znanje fizike s sposobnostjo risanja in branja grafov, s sposobnostjo dela z enačbami, preoblikovanja v linearno odvisnost in določanja ustreznih parametrov premice ter s sposobnostjo povezovanja teh parametrov s fizikalnimi količinami.

Naloga 5, lineariziraj

Jeklenka z neznano prostornino je napolnjena z neznano količino idealnega plina. Na jeklenko je pritrjen umerjen valj z odprtim dnom, na zgornjem delu zaprt s pomičnim batom. Na jeklenko je pritrjen še merilnik tlaka. Ana premakne bat od oznake 0 do oznake 200 ml v korakih po 50 ml in si vsakokrat zapiše tlak v jeklenki. Bat premika zelo počasi, pred odčitkom tlaka pa vsakokrat počaka nekaj minut. Poskus izvaja pri konstantni sobni temperaturi 300 K. Uporabite Anine meritve, zbrane v tabeli, in določite prostornino jeklenke in množino plina. (Namig: Ta naloga vključuje linearizacijo.)



Poskus	Prostornina bata (ml)	Tlak (10^5 Pa)
1	0	4,35
2	50	3,85
3	100	3,5
4	150	3,15
5	200	2,90

2. 6 Naloge z več možnimi rešitvami

Naloge z več možnimi rešitvami imajo več možnih rešitev, nadalje pa jih delimo v dve skupini: naloge »povej vse« in naloge z več možnimi izidi. Pri nalogah »povej vse« je nabor rešitev vnaprej določen, dijak pa odloča, katere od teh bo izbral, oziroma je od njega odvisno, katere

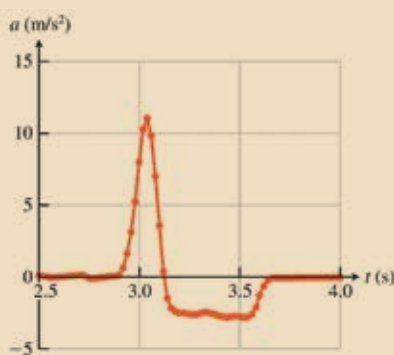
bo prepoznal. Praviloma morajo nato dijaki določiti vrednost le za nekatere od prepoznanih količin. Ker v nalogi običajno ni natančno določeno, koliko količin ali lastnosti morajo poiškati, imajo vsi dijaki možnost biti uspešni. Pri nalogah z več možnimi izidi pa gre za poskus/pojav z različnimi možnimi izidi, ki so odvisni od parametrov, ki niso eksplicitno navedeni v nalogi. Pri reševanju naloge morajo dijaki obravnavati različne izide poskusa v odvisnosti od začetnih pogojev, predpostavk idr. Te naloge so podobne realnim problemom, kot jih bodo dijaki reševali v prihodnosti kot inženirji ali znanstveniki pa tudi pri vedno več preostalih poklicih. Z reševanjem nalog z več možnimi rešitvami dijaki razvijajo sposobnost predstavljati si situacijo in ločiti, kaj je oziroma ni pomembno, zavedati pa se začnejo tudi pomena predpostavk in njihovega vpliva.

Naloga 6 je primer naloge »povej vse«. Dijaki morajo na podlagi grafa pospeška v odvisnosti od časa povedati vse, kar lahko, o poskusu, ko sunemo knjigo vzdolž mize. Med količinami, ki jih določimo, lahko nekatere neposredno odčitamo z grafa, nekatere pa lahko računsko določimo na podlagi podanih podatkov in podatkov, ki jih odčitamo z grafa. Med prve spadajo na primer največji pospešek, pojemek pri ustavljanju, časovni interval, v katerem se je knjiga gibala, čas, ob katerem je roka nehala delovati na knjigo, med druge pa največja hitrost, največja sila, s katero je roka delovala na knjigo, sila trenja na knjigo in koeficient trenja.

Pri nalogah z več možnimi izidi pa gre za poskus/pojav z različnimi možnimi izidi, ki so odvisni od parametrov, ki niso eksplicitno navedeni v nalogi.

Naloga 6, povej vse

Knjigo z maso sunemo vzdolž mize in jo spustimo. Knjiga se na kratki razdalji ustavi. Slika kaže graf odvisnosti pospeška knjige od časa, izmerjenega s senzorjem gibanja. Povejte vse, kar lahko, o tem poskusu.



Naloga 7 [6] je primer naloge z več možnimi rešitvami. Pri reševanju naloge morajo dijaki ugotoviti, da je izid poskusa odvisen od tega, do katere višine bomo natočili vodo v posodo. Za obravnavanje vseh možnih izidov si morajo predstavljati različne situacije in razmisliti o predpostavkah. Naloga je mišljena kot kvalitativna in ne pričakujemo, da bodo dijaki računali, kdaj pride do posamezne rešitve. Nadarjene in matematično bolj pripravljene dijake pa lahko učitelj spodbudi, da nalogo rešijo tudi kvantitativno, pri čemer upoštevajo kot ob dne posode in lomni kvocient vode. Rešitev te naloge prepuščamo zainteresiranemu bralcu 😊. Dodajmo le namig, da reševanje naloge vključuje lom in popolni odboj.

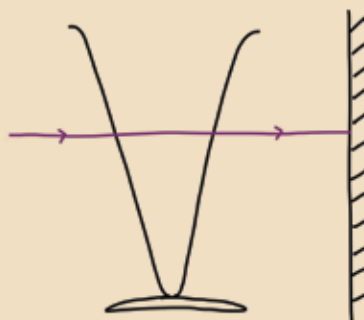
Z reševanjem nalog z več možnimi rešitvami dijaki razvijajo sposobnost predstavljati si situacijo in ločiti, kaj je oziroma ni pomembno, zavedati pa se začnejo tudi pomena predpostavk in njihovega vpliva.

Naloga 7, problem z več možnimi rešitvami

Delate poskus s prosojno posodo stožčaste oblike, kot kaže slika. Če z laserskim curkom v vodoravni smeri posvetite skozi prazno posodo, potuje curek naravnost skozi njo do stene, kjer nastane pika.

Kaj se zgodi s piko na steni, če v posodo nalijete vodo?

(Namig: Naloga ima več rešitev. Obravnavajte vse.)



2.7 Obratne naloge

Obratne naloge (angl. *jeopardy problems* [14]) so nastale kot fizikalna različica televizijskega kviza *Jeopardy* v ZDA [15], v katerem tekmovalcem ponudijo odgovor, ti pa morajo zastaviti odgovoru primerno vprašanje. V obratnih nalogah dijaki rešujejo naloge v drugačnem, obratnem vrstnem redu kot običajno. Običajne naloge podajo besedni opis problema, rešitev pa je predstavljena z matematičnimi enačbami in/ali grafi, medtem ko je v besedilu obratne naloge problem predstavljen z matematično enačbo, grafom, sliko, diagramom ali z njihovo kombinacijo. Dijaki morajo na podlagi podanega prepoznati ustrezno fizikalno situacijo oziroma proces in nato to situacijo/proces bodisi opisati z besedami ali predstaviti še kako drugače, z uporabo druge upodobitve. Številne obratne naloge imajo več možnih rešitev in bi jih lahko uvrstili tudi med naloge z več možnimi rešitvami. Z reševanjem obratnih nalog dijaki razvijajo sposobnost prehajanja med upodobitvami in opisovanja lastnih idej z besedami. Obratne naloge dopuščajo kreativnost in različne ravni zahtevnosti, zato so pri dijakih pogosto priljubljene. O izkušnjah z uvajanjem obratnih nalog v slovenski prostor je poročala Monika Vidmar v okviru svoje magistrske naloge [16].

Najpogosteje je v obratnih nalogah rešitev podana v obliki enačbe, primer take naloge je naloga 8. V njej dijaki fizikalno situacijo prepoznajo na podlagi enot. Da bi bili pri tem uspešni, morajo poznati in razumeti pomen količin in njihovih enot. Tako obratne naloge z enačbami poudarjajo pomen enot in njihove uporabe pri računanju. V predstavljenem primeru tako dijaki na podlagi enot ugotovijo, da gre za gibalno količino, na podlagi enačbe pa, da gre za proces v izoliranem sistemu, kjer se gibalna količina sistema med procesom ne spremeni. Situacija, v kateri dve telesi trčita, pri marsikaterem dijaku sprosti domišljijo, nabor različnih scenarijev pa nima meja.

Z reševanjem obratnih nalog dijaki razvijajo sposobnost prehajanja med upodobitvami in opisovanja lastnih idej z besedami.

Naloga 8, obratna naloga z enačbami

Zamislite si nalogo, katere rešitev je

$$(27 \text{ kg})(-3,0 \text{ m/s}) + (30 \text{ kg})(+4,0 \text{ m/s}) = (27 \text{ kg} + 30 \text{ kg})v.$$

Naloga 9 pa je primer obratne naloge, v kateri je problem podan slikovno [17]. Naloga je s področja valovne optike in ima več različnih fizikalnih rešitev. Na sliki je podan pogled na del zaslona z mavričnim vzorcem, dijaki pa morajo predlagati optični element oziroma postavitev več elementov, da bo pri prehodu ozkega snopa bele svetlobe skozi postavitev nastal tak vzorec. Dijaki morajo vedeti, da se bel snop svetlobe razcepi v mavrični pas pri prehodu skozi prizmo ali uklonsko mrežico. Prikazano zaporedje barv ustreza prehodu skozi prizmo. Če se snop razcepi pri prehodu uklonske mrežice, pa lahko podani vzorec opazimo po odboju razcepljenega snopa na zrcalu ali po prehodu zbiralne leče, dodaten zaslon pa zastira del slike na podanem zaslonu. V lažji različici naloge lahko učitelj navede optične elemente, ki so na razpolago.

Obratne naloge z enačbami poudarjajo pomen enot in njihove uporabe pri računanju.

Naloga 9, obratna naloga s slikovno upodobitvijo

Slika kaže ozek snop bele svetlobe, ki vpada na optično postavitev (ni prikazana), zato na delu zaslona nastane mavrični vzorec (rdeč pas je na levi strani). Določite optični element (ali postavitev iz več optičnih elementov), ki lahko povzroči nastanek opaženega vzorca.



3 Zaključek

Naj predstavitev novih vrst nalog zaključiva z nekaj napotki, kako te naloge uvesti v pouk. Preden daste učencem v reševanje novo vrsto naloge, morate pred razredom »odigrati« reševanje podobne naloge oz., poimenovano s strokovnim terminom, modelirati reševanje naloge. Modeliranje reševanja pomeni, da problem rešujete na glas, pred razredom, pri čemer jasno opišete vsak korak svojega razmišljanja. Poskusite ponoviti razmišljanje, ki ste ga opravili, ko ste nalogo reševali prvič, ne da bi pri tem sekali bližnjice ali »polirali« svoj prvotni potek reševanja. Naj učenci vidijo, da pot razmišljanja do rešitve naloge (tudi če jo je opravil strokovnjak) ni premočrtna. Na koncu učence prosite, naj razmislijo o postopku reševanja, ki ste ga predstavili. Morda je samoumevno, pa vendar naj opozorimo: preden uporabite novo vrsto naloge pri preverjanju znanja za oceno, morajo dijaki samostojno rešiti nekaj tovrstnih nalog (vsaj dve) in vedeti, da bodo lahko tovrstne naloge vključene tudi v preverjanje znanja.

V članku sva opisala in s primeri predstavila nekatere vrste novih nalog ter njihovo uporabnost za pridobivanje fizikalnega konceptualnega in epistemološkega znanja. Na podlagi izkušenj kolegov iz tujine in lastnih izkušenj pri delu s študenti in učitelji opažava, da so te naloge, če so primerno vpeljane, med dijaki, študenti in učitelji dobro sprejete. Tako upava, da bo ta članek vse učitelje spodbudil k (večjemu) vključevanju teh nalog v pouk.

Modeliranje reševanja pomeni, da problem rešujete na glas, pred razredom, pri čemer jasno opišete vsak korak svojega razmišljanja.

Literatura

- [1] Tuminaro, J. in Redish, E. F. (2007). Elements of a Cognitive Model of Physics Problem Solving: Epistemic Games. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 3, 020101-1–22.
- [2] Poklinek Čančula, M., Planinšič, G. in Etkina, E. (2015). Analyzing Patterns in Experts' Approaches to Solving Experimental Problems. *Am. J. Phys.*, 83(4), 366–74.
- [3] Kim, E. in Pak, S. J. (2001). Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *Am. J. Phys.*, 70(7), 759–65.
- [4] Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P. in Glaser, R. (1989). Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cogn. Sci.*, 13, 145–82.
- [5] Etkina, E., Brookes, D. in Planinšič, G. (2019). *Investigative Science Learning Environment: When Learning Physics Mirrors Doing Physics*. San Rafael: Morgan & Claypool Publishers.
- [6] Etkina, E., Planinsic, G. in Van Heuvelen, A. (2019). *College Physics: Explore and Apply 2nd edn*. San Francisco, CA: Pearson.
- [7] Faletič, S., Marošević, T., Planinšič, G. in Šarlah, A. (2021). Gradiva za izvajanje pouka fizike na daljavo – elektronski vir. http://sss.fmf.uni-lj.si/gradiva_za_pouk/
- [8] Etkina, E. in Van Heuvelen, A. (2007). *Investigative Science Learning Environment – A Science Process Approach to Learning Physics in Research-Based Reform of University Physics*. Redish, E. F. in Cooney, P. J. (ur.). College Park, MD: American Association of Physics Teachers.
- [9] Planinšič, G. (2019). Aktivni pouk: zakaj in kako. *Fizika v šoli*, 24(2), 13–18.
- [10] Brumec, G. in Pahor, K. (2023). Izkušnje mladih učiteljev s pristopom ISLE. *Fizika v šoli*, 28(1), 47–57.
- [11] Maloney, D. P. (1987). Ranking Tasks: A New Type of Test Item. *J. Coll. Sci. Teach.*, 16(6), 510–4.
- [12] <https://ap.collegeboard.org/>
- [13] <https://www.ric.si/splosna-matura/predmeti/fizika/>
- [14] Van Heuvelen, A. in Maloney, D. P. (1999). Playing Physics Jeopardy. *Am. J. Phys.*, 67(3), 252–6.
- [15] <https://www.jeopardy.com/>
- [16] Vidmar, M. (2021). *Dojemanje obratnih nalog pri dijakih in učiteljih*. Ljubljana: magistrsko delo.
- [17] Spletna učilnica predmetov Didaktika fizike 2 in Didaktika fizike 3, UL FMF. <https://ucilnica.fmf.uni-lj.si/course/view.php?id=181>