

Naslov članka/Article:

Rešitve treh nalog z IJSO 2023

Solutions to Three IJSO 2023 Tasks

Avtor/Author:

dr. Barbara Rovšek

CC licenca



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav



Fizika v šoli 2/2024, letnik 29

ISSN 1318-6388

Izdal in založil: Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kraj in leto izdaje: Ljubljana, 2024

Spletna stran revije:

<https://www.zrss.si/strokovne-revije/fizika-v-soli/>

Rešitve treh nalog z IJSO 2023



Solutions to Three IJSO 2023 Tasks

dr. Barbara Rovšek

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvleček

V prispevku so obrazložene rešitve treh nalog izbirnega tipa, ki so bile sestavni del testa z nalogami izbirnega tipa na 20. Mednarodni mladinski naravoslovni olimpijadi (IJSO), ki je potekala decembra 2023 v Bangkoku na Tajskem.

Ključne besede: naravoslovje, olimpijada, IJSO, naloge izbirnega tipa, vzgon, indukcija

Abstract

The article explains the solutions of three multiple-choice tasks that were part of the multiple-choice exam at the 20th International Junior Science Olympiad (IJSO) held in Bangkok, Thailand, in December 2023.

Keywords: science, Olympiad, IJSO, multiple-choice tasks, buoyancy, induction

V prejšnji številki revije *Fizika v šoli* smo opisali Mednarodno mladinsko naravoslovno olimpijado (IJSO), priprave, ki jih organiziramo, in navedli primere treh nalog izbirnega tipa, ki jih je naša velespešna ekipa reševala na 20. IJSO decembra 2023 v Bangkoku na Tajskem [1]. V uvodu bomo za ogrevanje razložili sklepanje, ki vodi do pravilne rešitve naloge iz vzgona. V jedru članka se bomo na dolgo in široko posvetili kompleksni nalogi z indukcijo. V zaključku bomo zapluli v manj zahtevne vode preproste (a neintuitivne) kinematične naloge.

Naloga iz vzgona

Na sliki 1 je konceptualna naloga iz vzgona. Opiše zaporedje treh »poskusov«, ki bi jih lahko opravili z isto kroglo in s tremi različnimi kapljevini A , B in C z gostotami ρ_A , ρ_B in ρ_C . Iz izida prvega »poskusa« izvem, kolikšna je prostornina krogle: to je V_A . Iz izida drugega poskusa izvem, kolikšna je teža krogle F_g : kroglja plava, teža krogle F_g pa uravnovesi sila vzgona na kroglo $F_{v,B}$, ki je po velikosti enaka teži izpodrinjene kapljevine. Ker je v kapljevini B potopljen natančno pol krogle, je $F_{v,B} = \rho_B \frac{1}{2} V_A g$.

Ker kroglja plava tudi v kapljevini C , ugotovimo, da tudi tam teža krogle uravnovesi sila vzgona. Teža krogle se ob selitvi krogle iz kapljevine B v kapljevino C ne spremeni, iz česar sklepamo, da tudi v kapljevini C na kroglo deluje sila vzgona $F_{v,C} = F_g = F_{v,B} = \rho_B \frac{1}{2} V_A g$.

Pravilni odgovor je torej C. (Bonus: Iz izida prvega »poskusa« izvem, da je gostota snovi ρ , iz katere je kroglja, večja od gostote ρ_A kapljevine A . Iz drugega »poskusa« dodatno izvem, da je ρ enaka polovici gostote ρ_B kapljevine B . Iz tretjega »poskusa« pa izvem, da je gostota ρ_C kapljevine C , v kateri je potopljen večji del krogle kot v kapljevini B , manjša od gostote kapljevine B – in seveda večja od gostote snovi, iz katere je kroglja. Gostote kapljev in snovi, iz katere je kroglja, bi lahko uredili: $\rho_A < \rho < \rho_C < \rho_B$.)

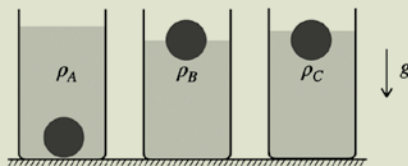
Razlaga sklepanja, ki vodi do pravilne rešitve naloge iz vzgona.

Ko kroglo spustimo v kapljevino z gostoto ρ_A , se krogla potopi do dna, kot prikazuje slika na levi. Krogla pri tem izpodrine prostornino kapljevine V_A .

Ko isto kroglo spustimo v kapljevino z gostoto ρ_B , krogla v njej plava potopljena do polovice, kot prikazuje slika v sredini.

Ko isto kroglo spustimo v kapljevino z gostoto ρ_C , krogla v njej plava, kot prikazuje slika na desni.

Kolikšna je sila vzgona na kroglo, ko plava v kapljevini z gostoto ρ_C ?



- A. $\rho_C V_A g$ B. $\frac{1}{2} \rho_A V_A g$ C. $\frac{1}{2} \rho_B V_A g$ D. ni dovolj podatkov

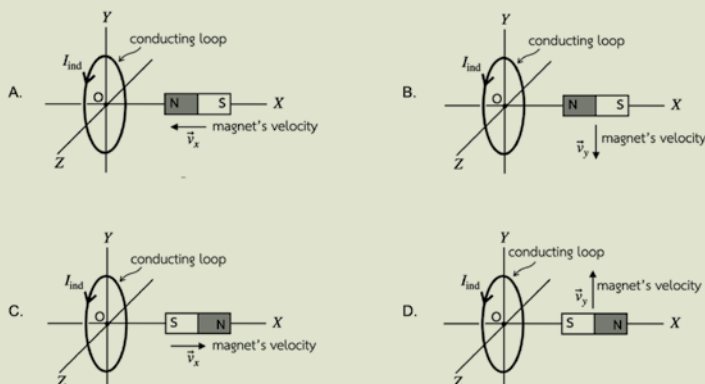
Slika 1: Konceptualna fizikalna naloga iz vzgona z IJSO 2023.

Na eni od slik je **napačno** prikazana smer električnega toka I_{ind} inducirane v prevodni zanki. Na kateri?

(Prevodna zanka leži v ravnini y-z, inducirani tok pa teče v nasprotni smeri urinega kazalca, če na zanko gledamo od strani, kjer je $x > 0$.)

magnet's velocity = hitrost magneta

conducting loop = prevodna zanka



Slika 2: Konceptualna fizikalna naloga iz indukcije z IJSO 2023.

Naloga iz indukcije

Druga predstavljena naloga (ki je na sliki 2) je iz indukcije. Da jo lahko pravilno rešimo, moramo vedeti:

- da je okoli vodnika, po katerem teče tok, magnetno polje (in tudi, kako je polje okoli vodnika orientirano),
- kako je orientirano magnetno polje znotraj sklenjene zanke, ko po njej teče električni tok v znani smeri,
- da je magnetno polje tudi okoli trajnega magneta; da silnice (oziroma gostotnice) magnetnega polja izhajajo iz severnega (N) pola in poniknejo na južnem polu magneta (S),
- da je v bližini magneta (predvsem njegovih polov) magnetno polje večje in se manjša, ko se od polov oddaljujemo,
- kaj je magnetni pretok (skozi neko ploskev, zanko),
- kaj je indukcija: da sprememba magnetnega pretoka skozi prevodno zanko povzroči, da se v zanki pojavi električna (inducirana) napetost, ki po Lenzovem pravilu požene (inducirani) tok v zanki v taki smeri, da magnetno polje tega toka zmanjša velikost spremembe magnetnega pretoka skozi zanko (zanka se z inducirano napetostjo $\rightarrow$ tokom $\rightarrow$ magnetnim poljem upira spremembi magnetnega pretoka skozi samo sebe).

Skratka, zelo kompleksna naloga – kot je kompleksen pojav sama indukcija. Za povrh so od štirih prikazanih situacij tri pravilne in je treba med njimi najti napačno.

Predstavitev rešitve kompleksne naloge z indukcijo.

Pri reševanju te naloge si lahko pomagamo s simetrijo. Opazimo, da se v vseh primerih magnet giblje in da je v vseh primerih s svojo vzdolžno osjo v danem trenutku, prikazanem na slikah, poravnana z osjo zanke. Opazimo še, da sta si podobni situaciji na slikah A in C ter na slikah B in D.

Ko primerjamo sliki A in C, ugotovimo, da sta pri postavitvi zanke in magnetna različni dve orientaciji: orientacija polov magnet (središču zanke je bližje severni ali južni pol magnet) in smer gibanja magnet (ki se giblje proti središču zanke ali stran od njega). Če bi se situaciji razlikovali le po eni od teh dveh orientacij, bi inducirana tokova v zankah A in C tekla v nasprotnih smereh; ker se razlikujeta v dveh, ki vsaka zase vplivata na smer inducirane toka v zanki, pa tokova v zankah A in C tečeta v isti smeri, kot pravilno prikazujeta obe sliki A in C.

Napačen prikaz, ki ga iščemo, je bodisi B bodisi D. V naslednjem koraku lahko primerjamo sliki A in B (ali pa, ekvivalentno, sliki C in D). V paru slik sta magnetna orientirana enako, različni sta smeri gibanja magnet. Predpostavimo, da slika A pravilno prikazuje smer inducirane toka (kot smo že prej ugotovili). V obeh primerih (A in B) je magnetno polje magnet na območju zanke v danem trenutku (prikazanem na slikah) usmerjeno v smeri osi $-x$ (negativne osi x).

Ker se v primeru A magnet zanki približuje vzdolž osi zanke, se magnetni pretok skozi zanko po velikosti povečuje. Inducirani tok, ki v zanki teče v označeni smeri, ustvarja znotraj zanke magnetno polje, ki ima nasprotno smer kot polje magnet (zanka se upira spremembi – povečanju – magnetnega pretoka skozi samo sebe); inducirano magnetno polje je torej usmerjeno vzdolž osi $+x$. Smer inducirane toka na sliki A ustreza takemu primeru.

V primeru B pa se magnet premika pravokotno na os zanke in stran od osi, kar pomeni, da se magnetni pretok skozi zanko v prikazanem trenutku po velikosti zmanjšuje. Tok, ki se v zanki zato inducira, prispeva magnetno polje, ki ima isto smer kot polje magnet, kar pomeni, da teče v nasprotni smeri, kot je označeno. Napačen prikaz, ki ga iščemo, je torej na sliki B. (Vsak bralec je vabljen, da poskusi s podobnim razmislekom ugotoviti, da sliki C in D obe pravilno prikazujeta smer inducirane toka.)

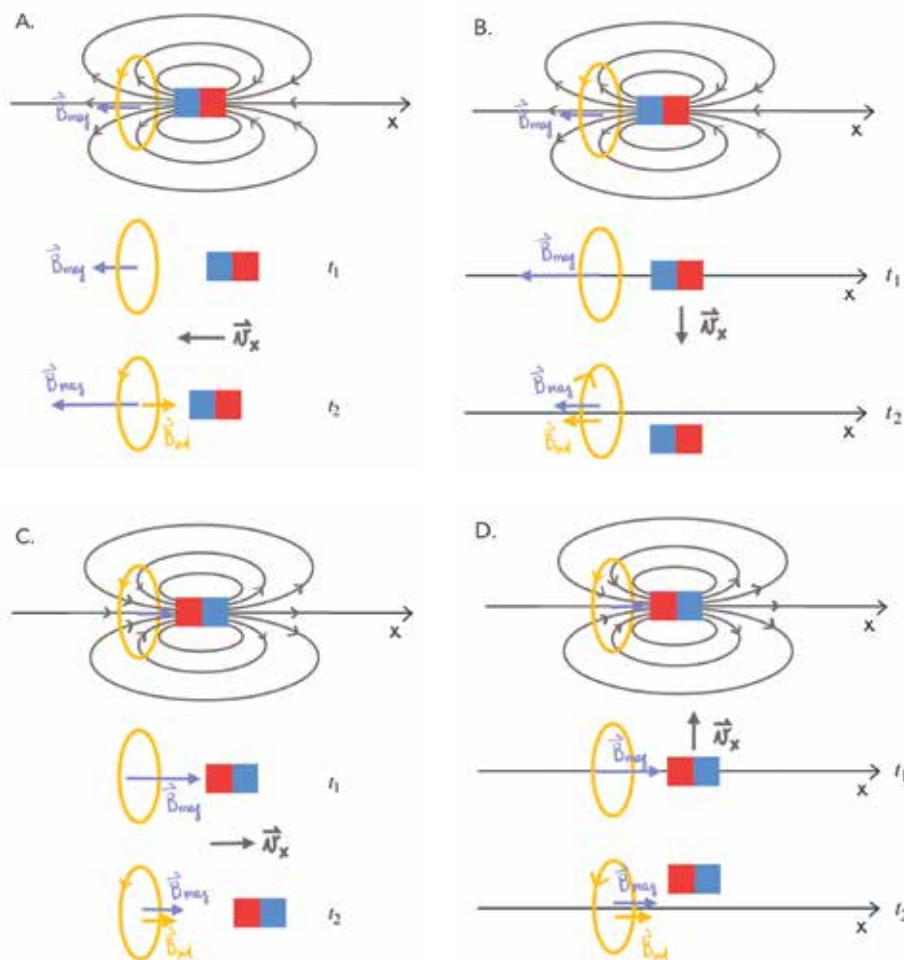
Bralec, ki se je prebil do tega mesta z željo, da sledi sklepanju in razume rešitev naloge, se je pri branju zadnjega odstavka najbrž nekoliko utrudil. Sledi prikaz, kako prikladna je pri fiziki uporaba skic (kar seveda vsi vemo; to je le še en primer). Avtorici tega članka je bistveno ljubši razmislek ob skici kot pa sledenje zgolj abstraktni razlagi pojava z besedami (čeprav se je zanj precej potrudila), kjer skice rišemo le v svojih glavah.

V mislih imejmo, da je za smer inducirane magnetnega polja $\vec{B}_{ind}$, ki ga ustvarja inducirani tok, pomembna **sprememba** magnetnega pretoka skozi zanko, ki ga povzroča magnetno polje trajnega magnet. Sprememba se zgodi v času: od trenutka t_1 , ki ga v nalogi prikazujejo slike od A do D, do naslednjega t_2 , v katerem je magnet že nekoliko premaknjen (v primerih A in C vzdolž osi zanke proti središču zanke ali stran od nje, v primerih B in D pa stran od osi zanke).

Vsi primeri so prikazani na sliki 3 skupaj s (povprečnim) magnetnim poljem magnet (smerjo in relativno velikostjo $\vec{B}_{mag}$) skozi zanko ob t_1 in t_2 ter smerjo inducirane magnetnega polja $\vec{B}_{ind}$, ki ga povzroči inducirani tok v zanki. Iz smeri $\vec{B}_{ind}$ ugotovimo smer inducirane toka. V primerih A, C in D ima inducirano magnetno polje $\vec{B}_{ind}$ povsod enako smer, kar pomeni, da ga povzroča inducirani tok, ki v vseh zankah teče v isti smeri. Le v primeru B ima inducirano polje nasprotno smer in ga povzroča tok, ki teče v zanki v nasprotni smeri. To je v nalogi napačna skica, ki jo iščemo.

Dodajmo k nalogi še dva komentarja. Prvi se nanaša na **simetrijo** med primeroma B in D. Na hitro se nam lahko zazdi, da se tudi ta primera razlikujeta po dveh okoliščinah, pri katerih je pomembna smer, a bomo kmalu razumeli, da se razlikujeta le v eni. Magneta sta v primerih B in D orientirana vzdolž osi zanke nasprotno, kar vpliva na smer magnetnega polja skozi zanko. To je razlika, ki vpliva na smer inducirane toka. Gibanje magnet pa je v obeh primerih stran od osi zanke; po smeri hitrosti se ta primera ne ločita med seboj, čeprav se s skice zdi, da se v primeru B magnet giblje navzdol, v primeru D pa navzgor.

Avtorici tega članka je bistveno ljubši razmislek ob skici kot pa sledenje zgolj abstraktni razlagi pojava z besedami (čeprav se je zanj precej potrudila), kjer skice rišemo le v svojih glavah.



Slika 3: Položaj magneta glede na zanko v zaporednih trenutkih t_1 in t_2 v vseh štirih primerih. Predpostavljamo, da je v trenutku t_1 os magneta poravnana z osjo zanke.

A kar se simetrije tiče, sta to povsem ekvivalentni gibanji, ker ima celotna postavitve paličastega magneta in zanke cilindrično simetrijo. Pomembno je le, ali se magnet, ki ostaja vzporeden osi zanke, osi zanke *približuje* ali se od nje *oddaljuje* (iz česar bi lahko sestavili novo, nekoliko drugačno nalogo ...). Ko to uvidimo, razumemo, da morata inducirana tokova v zankah B in D teči v nasprotnih smereh.

Drugi komentar pa se nanaša na podrobnost, ki smo jo na olimpijadi med časovno omejeno diskusijo o nalogah in prevajanem spregledali in se pojavi kot okoliščina že v prvem komentarju: za smer induiranega polja in toka v zanki je pomembno, ali se paličasti magnet v primerih B in D osi zanke približuje ali se od nje oddaljuje (kot so predpostavili sestavljavci nalog, vsi vodje ekip iz 54 držav in na srečo tudi naše tekmovalke in tekmovalci). V trenutku, ko je os magneta točno v osi zanke, je magnetni pretok skozi zanko po velikosti največji (ekstremen) in se v kratkem času okoli tega trenutka ne spreminja – zato tedaj ni niti inducirane napetosti, niti induiranega toka, niti induiranega magnetnega polja. Kot rečeno, pa smo vsi po vrsti nalogo razumeli tako, da je vprašanje, v kateri smeri teče inducirani tok, ko se magnet **od osi oddaljuje**. Ustrezneje bi se besedilo naloge glasil: *Na eni od slik je napačno prikazana smer električnega toka I_{ind} , induiranega v prevodni zanki, ki teče, ko se magnet iz lege, prikazane na sliki, giblje v označeni smeri. Na kateri?*

Naloga iz kinematike

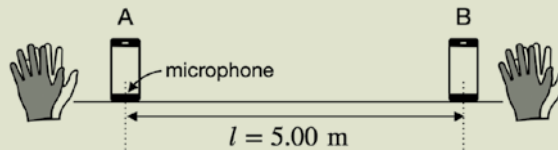
Tretja predstavljena naloga (slika 4) je iz gibanja.

Naj prva dijakinja zaploska ob trenutku $t_1 = 0$. V istem trenutku $t_{A,1} = 0$ zvok zazna telefon A, na katerem se sproži štoparica. Štoparica telefona B se sproži, ko ta zvok pripotuje do telefona B, za kar potrebuje čas $\Delta t = \frac{l}{c} = 0,0147$ s. Štoparica B se torej sproži ob $t_{B,1} = \Delta t = 0,0147$ s. Druga

V trenutku, ko je os magneta točno v osi zanke, je magnetni pretok skozi zanko po velikosti največji (ekstremen) in se v kratkem času okoli tega trenutka ne spreminja – zato tedaj ni niti inducirane napetosti, niti induiranega toka, niti induiranega magnetnega polja.

Pametni telefon lahko uporabimo kot zvočno štoparico, ki meri časovni interval med zaporednima zvočnima dogodkoma, ki ju zazna mikrofonski telefon. Štoparica se sproži, ko telefon zazna prvi zvočni signal, in ustavi, ko zazna drugi zvočni signal.

Z zvočno štoparico dveh telefonov, ki sta na razdalji $l = 5,00$ m, merimo hitrost zvoka v zraku ($v = 340$ m/s), kot prikazuje slika. Najprej prva dijakinja zaploska zraven telefona A in čez kratek čas druga dijakinja zaploska zraven telefona B. Obe ploskanji zaznata zvočni štoparici obeh telefonov, a ob različnih trenutkih, ker zvok potuje s končno hitrostjo. Katera časovna intervala prikazeta zvočni štoparici telefonov A in B?



- | | | | |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| A. | A: 0.0147 s, B: 0.0147 s | C. | A: 3.1000 s, B: 3.1294 s |
| B. | A: 2.0147 s, B: 2.0000 s | D. | A: 2.1294 s, B: 2.1000 s |

Slika 4: Fizikalna naloga iz kinematike z IJSO 2023.

dijakinja zaploska ob trenutku t_2 in ob istem trenutku ta zvok zazna telefon B; $t_{B,2} = t_2$ in njegova štoparica se ustavi. Časovni interval, ki ga izmeri štoparica B, je $\Delta t_B = t_{B,2} - t_{B,1} = t_2 - \Delta t$. Zvok ploskanja druge dijakinje potuje do telefona A, ki ga zazna ob trenutku $t_{A,2} = t_2 + \Delta t$. Časovni interval, ki ga izmeri štoparica A, je $\Delta t_A = t_{A,2} - t_{A,1} = t_2 + \Delta t$. Krajši časovni interval izmeri štoparica telefona B, za $\Delta t_A - \Delta t_B = 2\Delta t = 0,0294$ s, daljšega pa štoparica telefona A. Edini par intervalov, ki ustreza temu pogoju, je zapisan pri odgovoru D.

Za zaključek povejmo še, kako so opisane tri naloge reševali vsi tekmovalci v povprečju in kako jih je reševala naša šesterica. Naloga iz indukcije je bila med desetimi fizikalnimi nalogami izbirnega tipa v povprečju najslabše reševana fizikalna naloga; pravilni odgovor je obkrožilo le 28 % vseh tekmovalcev. Od naših šestih tekmovalcev jo je pravilno rešilo pet. Nekoliko bolje so v povprečju vsi reševali nalogo z dvema telefonoma; pravilni odgovor je izbralo 35 % vseh tekmovalcev – in vsi naši. Še nekoliko lažja je bila naloga iz vzgona, kjer je bilo pravih 39 % odgovorov; od naših pa je nalogo pravilno rešilo pet tekmovalcev (naš, ki je nalogo rešil narobe, je potem zavijal z očmi). Pa niso bile le fizikalne naloge težke; še težje so bile nekatere kemijske in biološke. Najslabše reševano kemijsko nalogo je pravilno rešilo 26 % vseh tekmovalcev (od naših pet), najslabše reševano biološko pa le 13 % (od naših trije).

Vabim vas, da z nalogami izbirnega tipa z IJSO 2023 preizkusite tudi svoje dijakinje in dijake. Vse v slovenščino prevedene naloge so na spletni strani [2], originalne angleške pa na [3].

Razlaga rešitve manj zahtevne in preproste (a neintuitivne) kinematične naloge.

Vabim vas, da z nalogami izbirnega tipa z IJSO 2023 preizkusite tudi svoje dijakinje in dijake.

Viri

1. Rovšek, B. (2024). Mednarodna mladinska naravoslovna olimpijada, četrtič, *Fizika v šoli*, 29(1), 51–55.
2. Slovenski prevod izbirnega testa z IJSO 2023: <https://drive.google.com/file/d/1-ea9ttvqH9mPx9gmDq91nlyojopR2GLu/>
3. Teoretične in eksperimentalne naloge s preteklih olimpijad: <https://ijsoweb.org/downloads>