

Jakov Labor · Jasmina Zelenko Paduan · Igor Vidović

FIZIKA u struci

MODUL 2

Osnove mehanike materijalne točke

Udžbenik za strukovne škole



I. izdanje | 2026.



Nakladnik
ALFA d. d. Zagreb
Nova Ves 23a

Za nakladnika
Ivan Petric

Direktorica nakladništva
mr. sc. Daniela Novoselić
Urednica za Matematiku i Fiziku
Tea Borković

Recenzija
prof. dr. sc. Ivica Smolić
Ivana Grabić Marin, prof. savjetnik
Željka Duh Blašković

Lektura i korektura
Kristina Ferenčina

Likovno i grafičko oblikovanje
Irena Lenard
Slaven Tomakić

Naslovnica
Vilim Plužarić

Ilustracija
Igor Vilagoš
autori
Adobe Stock

Fotografija
Adobe Stock
autori

Digitalno izdanje
Alfa d. d.
Mozaik Education Ltd.

Tehnička priprema
Alfa d. d.

Tisak
Zelina d. d.

Proizvedeno u Republici Hrvatskoj, EU

OPSEG PAPIRNATOG IZDANJA	MASA PAPIRNATOG IZDANJA	KNJIŽNI FORMAT
268 str.	552 g	265 mm (v) x 210 mm (š)

Digitalno izdanje dostupno je na internetskoj adresi **hr.mozaweb.com** ili putem aplikacije **mozaBook** za pametne uređaje s operativnim sustavima Android i iOS.

© Alfa

Ova knjiga, ni bilo koji njezin dio, ne smije se umnožavati ni na bilo koji način reproducirati bez nakladnikova pismenog dopuštenja.

Mozaik Education Ltd. zadržava intelektualno vlasništvo i sva autorska prava za komercijalne nazive *mozaBook*, *mozaWeb*, digitalne proizvode, sadržaje i usluge proizvedene neovisno o nakladniku Alfa d. d.

Sadržaj

PREDGOVOR	4
-----------------	---

1. Uvod u kinematiku 6

1.1. Jednoliko gibanje po pravcu 7

Put i pomak	8
Brzina	12
Jednoliko pravocrtno gibanje	16

1.2. Pravocrtna gibanja sa stalnom akceleracijom 22

Akceleracija	23
Jednoliko ubrzano pravocrtno gibanje	25
Slobodni pad	32
Jednoliko usporeno pravocrtno gibanje	35
Zadaci za vježbu 1	40
Test za samoprocjenu 1	44

1.3. Složena gibanja 46

Gibanje složeno od dvaju jednolikih pravocrtnih gibanja	47
Horizontalni hitac	50
Vertikalni hitac	54

1.4. Jednoliko gibanje po kružnici 58

Jednoliko gibanje po kružnici	59
Zadaci za vježbu 2	64
Test za samoprocjenu 2	68

2. Uvod u dinamiku 70

2.1. Newtonovi zakoni gibanja 71

Sila i masa	72
Zbrajanje sila	74
Rastavljanje sile na komponente	78
Prvi Newtonov zakon	80
Drugi Newtonov zakon	84
Treći Newtonov zakon	89
Zadaci za vježbu 3	94
Test za samoprocjenu 3	98

2.2. Primjeri sila 100

Sila teža	101
Elastična sila, sila napetosti i sila reakcije podloge	105
Sila trenja	111
Centripetalna sila	117

Gibanje na kosini	122
Zadaci za vježbu 4	128
Test za samoprocjenu 4	132

2.3. Referentni sustavi 136

Inercijski i akcelerirani sustavi	137
---	-----

2.4. Količina gibanja i impuls sile 143

Količina gibanja	144
Impuls sile	150
Zadaci za vježbu 5	154
Test za samoprocjenu 5	158

3. Rad, energija i snaga 160

3.1. Rad i energija 161

Rad	162
Kinetička energija	166
Gravitacijska potencijalna energija pri Zemljinoj površini	170
Elastična potencijalna energija	174

3.2. Očuvanje energije 179

Očuvanje energije u mehaničkim sustavima	180
Vrste i pretvorbe energije	186

3.3. Snaga i korisnost 193

Snaga	194
Korisnost	198
Zadaci za vježbu 6	204
Test za samoprocjenu 6	208

4. Gravitacija 210

Gibanje planeta	211
Opći zakon gravitacije	216
Kružno gibanje i gravitacija	221
Zadaci za vježbu 7	229
Test za samoprocjenu 7	231

Odgovori na konceptualna pitanja i rješenja numeričkih zadataka 233

Rješenja zadataka za vježbu	257
-----------------------------------	-----

Kazalo pojmova 265

PREDGOVOR

Mehanika je svuda oko nas – u letu lopte, ubrzanju automobila, sportu, robotici i računalnim igrama. Iako je mnogima na prvi pogled apstraktna i teška, ona je zapravo vrlo konkretna i korisna, osobito u tehničkim strukama. Ovaj udžbenik pisan je upravo s tim na umu: da fizika bude razumljiva, povezana s praksom i zanimljiva.

Udžbenik je namijenjen učenicima tehničkih strukovnih škola. Elektrotehničari i informatičari koristit će ga u prvom razredu, a učenici mnogih drugih sektora – od prometnih i grafičkih do graditeljskih i rudarsko-kemijskih – u drugom. Sadržaj pokriva osnovne pojmove mehanike: pravocrtna i kružna gibanja, Newtonove zakone, rad, energiju, snagu, količinu gibanja, zakon gravitacije i Keplerove zakone. Nastavno gradivo obuhvaćeno ovim modulom svrstano je u četiri skupine ishoda:

1. Uvod u kinematiku
2. Uvod u dinamiku
3. Rad, energija i snaga
4. Gravitacija.

Nastavne jedinice počinju **problemskim pitanjem** iz svakodnevnog života ili tehnike. Slijedi jasan **teorijski dio**, uz izdvajanje najčešćih neznanstvenih predrasuda u odlomcima naziva „Izbjegni pogrešku”. Na kraju nastavne jedinice tipičan je **zadatak s postupkom rješavanja**, iza kojeg su **pitanja** za razmišljanje te **zadaci** za vježbu i samoprocjenu.

Na kraju svakog poglavlja nalaze se prijedlozi **pokusa** – onih koje možete izvesti uživo, ali i virtualnih – jer fiziku najbolje razumijemo kada je sami isprobamo. Učenici koji žele i mogu više pronaći će i **projektne zadatke**: složenije izazove koji se rješavaju timski i traže povezivanje znanja, logike i kreativnosti. **Mentalne mape**, smještene na ključnim mjestima, omogućuju pregled cjeline iz ptičje perspektive.

Na kraju donosimo i **strategiju** koja će vam pomoći da lakše rješavate zadatke, ali i da razvijate znanstveni pristup, koji je dragocjen ne samo u tehničkim zanimanjima nego i u svakodnevnom životu.

Strategija rješavanja zadataka

- a. Pažljivo pročitajte opis situacije vizualizirajući što se događa.
- b. Nacrtajte skicu situacije i/ili graf.
- c. Ispišite koje su veličine zadane, a koje se traže. To je praktično učiniti na skici ili grafu.
- d. Razmislite koje se definicije veličina i zakoni primjenjuju na zadani problem.
- e. Ako zadatak to dopušta, procijenite rezultat.

- f. Kontrolirajte mjerne jedinice: treba li pretvarati jedinice zadanih veličina ili to nije nužno? U kojim će mjernim jedinicama biti rezultat? Mjerne su jedinice moćno oružje za provjeru valjanosti svake jednadžbe: one moraju biti jednake na objema stranama jednakosti.
- g. Provedite račun napamet ili kalkulatorom.
- h. Zapitajte se je li dobiveni rezultat u skladu sa stvarnošću ili nije.
- i. Pogledajte rješenje.

DODATAK: Ako je zadatak konceptualan i višestrukog izbora, prvo odbacite očito pogrešne odgovore. Zatim krenite gornjom strategijom. Umjesto da pogadate, oslanjajte se na definiciju i/ili zakon!

Nadamo se da će vam ovaj udžbenik pomoći da fiziku ne vidite kao niz formula, nego kao alat za razumijevanje svijeta – i kao dobar temelj za ono što ćete raditi u svojoj struci.

Autori

Ključni pojmovi

položaj, pomak, put, vrijeme, brzina, akceleracija, graf, sila, masa, impuls sile, količina gibanja, trenje, kosina, inercijski sustav, neinercijski sustav, rad, energija, snaga, korisnost, gravitacija

Povezanost modula s međupredmetnim temama

MPT Osobni i socijalni razvoj

B.4.2. Suradnički uči i radi u timu.

MPT Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije

C.4.4. Učenik samostalno i odgovorno upravlja prikupljenim informacijama.

MPT Zdravlje

B.4.1.B Razvija tolerantan odnos prema drugima

MPT Učiti kako učiti

A.2. Učenik se koristi različitim strategijama učenja i samostalno ih primjenjuje pri ostvarivanju ciljeva učenja i rješavanju problema u svim područjima učenja



1. Uvod u kinematiku



UVOD U SKUPINU ISHODA

Kinematika (od grčkog *kinema*: gibanje) dio je mehanike koji se fokusira samo na **gibanja tijela**, bez proučavanja uzroka gibanja. I samo površan pogled na svakodnevne događaje ne ostavlja sumnju u važnost gibanja. Gibaju se nogometne lopte, ljudi, automobili, Mjesec, cijeli naš planet, Sunce... Kinematika je „geometrija gibanja”, a giba se čak i ono što prividno miruje.

Proučavat ćemo samo **kako** se tijela gibaju. Opisivat ćemo gibanje pomoću fizikalnih veličina: **vremena, puta, brzine, akceleracije...**

U ovom modulu proučit ćemo kinematiku tijela čiji se svi (ili gotovo svi) dijelovi gibaju na jednak način. Tada nije važan oblik tijela. Gibanje tijela može se zamijeniti gibanjem jedne točke.

Fizika kao temeljna znanost u simbiozi je s tehnologijom: obogaćuju jedna drugu. Fizika inspirira tehnologiju, a tehnologija proširuje fiziku.

Pojmovi iz kinematike upotrebljavaju se u linearnim motorima, bez kojih ne mogu operirati robotski sustavi niti CNC strojevi, u gibanju električnih vozila, u transportnim trakama, u elektromagnetskim uređajima za ubrzanje, u računalnim animacijama, programiranju računalnih igara, u simuliranom okružju za trening (npr. letenje)...

Ishodi učenja

- algebarski i grafički opisati jednoliko, jednoliko ubrzano i jednoliko usporeno pravocrtno gibanje
- grafički prikazati nejednoliko pravocrtno gibanje
- povezati slobodni pad s jednoliko ubrzanim gibanjem
- objasniti gibanje složeno od dvaju jednolikih gibanja
- opisati vertikalni i horizontalni hitac
- opisati jednoliko gibanje po kružnici

1.1. Jednoliko gibanje po pravcu



UVOD U CJELINU

Automobil na slici giba se po ravnoj cesti, a kazaljka se na brzinomjeru ne pomiče. To je najjednostavnije gibanje, **gibanje po pravcu uz konstantnu brzinu**.

Ipak, automobil može voziti brzo, a čovjek je prema njemu spor. Koje veličine opisuju navedena gibanja? Kako se te veličine mijenjaju u vremenu i ima li u tome pravilnosti?

Pronalazeći odgovore na ta pitanja, postaviti ćemo temelje za proučavanje gibanja, definirati fizikalne veličine potrebne za njihov opis, ispitati njihove odnose i načine prikazivanja tih odnosa – **jednadžbom, grafom i tablicom**. U želji za maksimalnom vizualizacijom crtati ćemo čak i vrijeme.

Put i pomak

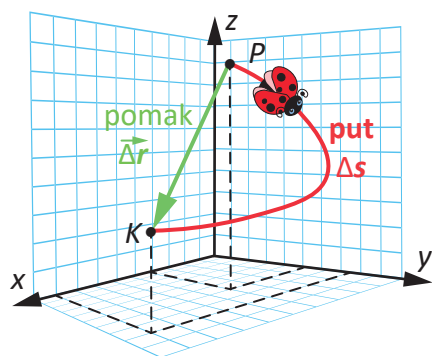
Za međusobnu udaljenost Zagreba i Splita (slika 1.1.) na internetskim stranicama možemo naći dva iznosa: 410,79 km i 259,18 km. Na što se odnosi svaki od navedenih iznosa?



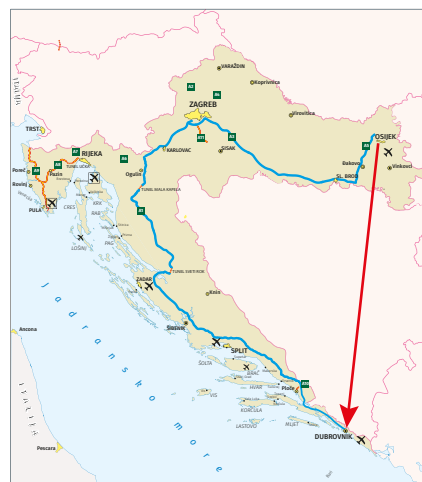
Slika 1.1.

Kada kažemo da se tijelo giba, onda pod tim smatramo da ono mijenja položaj u odnosu na druga tijela. Prikladno je umjesto „drugih tijela” odabrati koordinatni sustav. Tada možemo reći da se tijelo giba ako se mijenjaju njegove koordinate. Koordinatni sustav u kojem pratimo i opisujemo gibanje zovemo **referentnim koordinatnim sustavom**. Najčešće se uzima referentni sustav povezan s tlom. Ako se svi dijelovi tijela gibaju jednako, pri opisivanju gibanja tijela njegove dimenzije možemo zanemariti i zamišljati ga kao točku. Tako zamišljenu tvorevinu nazivamo **materijalnom točkom**. Skup točaka kroz koje materijalna točka prolazi pri gibanju čine **stazu** ili **putanju**. Zamislimo tijelo koje se pomaklo iz početnog položaja P u konačni položaj K (slika 1.2.a.). Udaljenost konačnog položaja tijela od početnog položaja mjerenu **duž staze (putanje) po kojoj se tijelo gibalo zovemo putom** (Δs). Put je veličina bez orijentacije (usmjerenja) i tijekom gibanja uvijek se povećava. Veličine koje nemaju orijentaciju, nego samo iznos, zovemo **skalarnim** veličinama ili skalarima. Postoje i fizikalne veličine koje uz iznos imaju i orijentaciju. To su **vektorske** veličine.

Vektor usmjeren od početnog položaja prema konačnom položaju, a iznosom jednak udaljenosti tih dvaju položaja (slika 1.2.a.), zovemo pomakom ($\overline{\Delta r}$). Na slici 1.2.b. prikazani su cestovni put (560 km) i pomak (326 km) od Osijeka do Dubrovnika. Pri gibanju može se iznos pomaka povećavati ili smanjivati. Povećava se udaljavanjem tijela od njegova početnog položaja, a smanjuje se kada se tijelo približava početnom položaju.



a.



b.

Slika 1.2. Put i pomak

S obzirom na oblik putanje, gibanje može biti **pravocrtno** i **krivocrtno**. Pri opisivanju pravocrtnoga gibanja koordinatni sustav obično odabiremo tako da se njegova os x poklapa s pravcem gibanja. Pomak tada obilježavamo Δx . U tom nam slučaju preostale dvije koordinatne osi nisu potrebne.

Promotrimo bubamaru koja se giba duž osi x (slika 1.3.a.) tako da se pomakne iz početnog položaja P s koordinatom $x_p = 1$ m najprije u položaj s koordinatom $x = 4$ m, a zatim iz tog položaja u konačni položaj K s koordinatom $x_k = -4$ m.

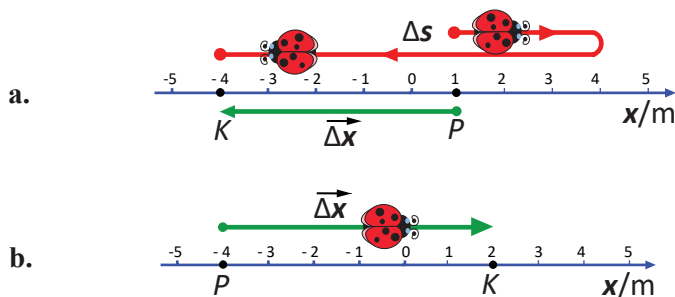
Put je:

$$\Delta s = 3 \text{ m} + 8 \text{ m} = 11 \text{ m},$$

a pomak:

$$\Delta x = x_k - x_p = -4 \text{ m} - 1 \text{ m} = -5 \text{ m}.$$

Pri pravocrtnom gibanju pomak može imati samo dvije međusobno suprotne orijentacije. Zato njegovo vektorsko obilježje možemo istaknuti samo predznakom: pozitivnim ili negativnim. Primijetimo da je iznos pomaka jednak prijeđenom putu ako se u promatranom vremenskom intervalu orijentacija pomaka ne mijenja. Uzmimo za primjer da se bubamara pomaknula iz početnog položaja P s koordinatom $x_p = -4$ m u konačni položaj K s koordinatom $x_k = 2$ m (slika 1.3.b.). Prijedeni put i pomak iznose 6 m.



Slika 1.3. Iznosi puta i pomaka općenito se razlikuju (a.), ali mogu biti i jednaki (b.).

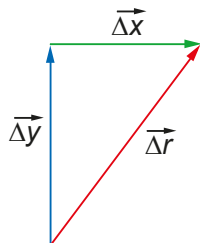
Primjer 1: Gibamo se 40 m prema sjeveru, a zatim 30 m prema istoku. Izračunajmo put i pomak.

Rješenje:

$$\Delta y = 40 \text{ m}$$

$$\Delta x = 30 \text{ m}$$

$$\Delta s = ? \quad \Delta r = ?$$



$$\Delta s = \Delta y + \Delta x = 40 \text{ m} + 30 \text{ m}, \quad \Delta s = 70 \text{ m}$$

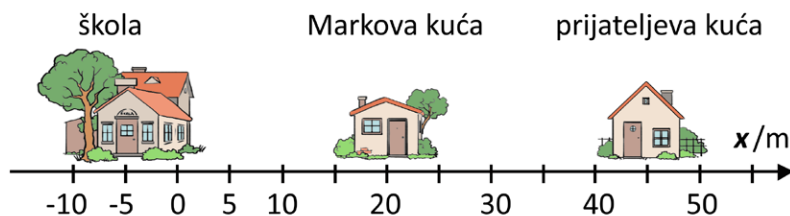
$$\Delta r = \sqrt{(\Delta y)^2 + (\Delta x)^2} = \sqrt{(40 \text{ m})^2 + (30 \text{ m})^2}, \quad \Delta r = 50 \text{ m}$$

Konceptualna pitanja

1. Kako zovemo koordinatni sustav pomoću kojeg opisujemo položaj i gibanje tijela?
2. Što mjeri brojač kilometara u automobilu: pomak ili put?
3. Koja od navedenih veličina ne može biti negativnog predznaka?
 - a) pomak
 - b) put
 - c) početni položaj
 - d) krajnji položaj
4. Što od navedenoga ovisi o izboru koordinatnog ishodišta?
 - a) put
 - b) položaj
 - c) pomak
 - d) položaj i pomak
5. Što se od navedenoga tijekom vremena ne može smanjivati?
 - a) iznos pomaka
 - b) put
 - c) udaljenost tijela od početnog položaja
 - d) sve navedeno pod a), b) i c)
6. Za svako gibanje vrijedi da je iznos pomaka:
 - a) manji ili najviše jednak putu
 - b) jednak putu
 - c) veći od puta
 - d) jednak ili veći od puta.

Numerički zadatci

1. Duljina nogometnog igrališta iznosi 100 m, a širina 70 m. Krenuvši iz jednog kuta igrališta, nogometaš na treningu trči prvo uz dulju rubnu crtu, zatim nastavlja uz kraću te nakon nekog vremena dotrči do kuta najbližeg onom od kojeg je počeo trčati. Koliko tada iznose put i pomak nogometaša?
2. Marko se uputi od svoje kuće do prijateljeve, a onda zajedno s prijateljem ode u školu. S priložene slike očitaj:
 - a. Markov početni položaj
 - b. Markov krajnji položaj
 - c. Markov put
 - d. Markov pomak.



3. Muha doleti na vrh sekundne kazaljke duljine 20 cm i tamo sjedi pola minute.
 - a. Koliki je put prešla muha?
 - b. Koliko iznosi pomak muhe?

UČENIČKI POKUS

Izmjerite površinu svog radnog stola. Duljinu i širinu stola izmjerite 5 puta. Primijetit ćete da rezultati mjerenja nisu jednaki. Pokušajte otkriti razloge. Površinu izrazite u cm^2 i m^2 .

UČENIČKI VIRTUALNI POKUS – Položaj, pomak i put

Otvorite virtualni pokus na adresi:

https://phet.colorado.edu/sims/html/number-line-integers/latest/number-line-integers_hr.html.

Kliknite na *Pokaži brojeve*. Pretpostavimo da je položaj na brojevnom pravcu iskazan u metrima. Treba izabrati početni i krajnji položaj:

- a. plave kuglice tako da je njezin pomak jednak putu
- b. ružičaste kuglice tako da je njezin pomak jednak nuli, a put jednak 6 m
- c. žute kuglice tako da je njezin pomak veći od puta.



Jedan je zadatak nemoguće izvršiti. Koji?

Svoje odgovore fotodokumentirajte, analizirajte i donesite zaključak o putu i pomaku.

Brzina

Koji je od biciklista na **slici 1.4.** brži, možemo utvrditi i ne promatrajući njihovo gibanje. Koji su nam podaci za to potrebni?



Slika 1.4.

Srednja brzina. Dok promatramo tijela oko sebe, opažamo da se neka od njih gibaju brže, a neka sporije. Na temelju čega zaključujemo da je neko tijelo brže od nekog drugog tijela? Brže tijelo u određenom vremenskom intervalu prijeđe duži put nego sporije tijelo u jednakom vremenskom intervalu. Raspoložemo li podacima o putovima što su ih tijela prešla i pripadajućim vremenima, možemo i bez promatranja gibanja tijela saznati koje se tijelo brže gibalo. Treba samo izračunati i usporediti putove što su ih tijela prešla u istom vremenskom intervalu. Koji ćemo vremenski interval uzeti, u načelu je svejedno, ali obično uzimamo jedinični vremenski interval, tj. onaj koji traje jednu sekundu. Kako ćemo dobiti put što ga tijelo prijeđe u jednoj sekundi (jedinici vremena)? Uzmimo da je tijelo prešlo 20 m za 4 s. To znači da je tijelo svake sekunde prelazilo prosječno 5 m. Kažemo prosječno jer tijelo ne mora svake sekunde prelaziti jednake putove. Do tog rezultata dolazimo dijeljenjem prijeđenog puta (20 m) s pripadajućim vremenom (4 s). Dakle, put što ga tijelo prijeđe u jedinici vremena jednak je kvocijentu prijeđenog puta i vremena za koje je taj put prijeđen. Što je taj kvocijent veći, tijelo je brže, ima veću brzinu.

Kvocijent prijeđenog puta (Δs) i pripadajućeg vremena (Δt) zovemo srednjom brzinom (\bar{v}):

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Podijelimo li pomak vremenom za koje ga tijelo ostvari, dobit ćemo **srednju brzinu po pomaku**:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Srednja brzina po putu skalarna je veličina, dok je srednja brzina po pomaku vektorska veličina koja ima orijentaciju pomaka. Ako se pri gibanju orijentacija pomaka ne mijenja, iznosi srednjih brzina po putu i pomaku jednaki su jer se tada iznosi pomaka i puta tijekom vremena mijenjaju na isti način. U tom slučaju, kad govorimo o srednjoj brzini, nije potrebno isticati „po putu” i „po pomaku”. Dovoljno je reći „srednja brzina”.

Trenutačna brzina (brzina). Vremenski interval u kojem promatramo gibanje možemo razdijeliti na kraće vremenske intervale i naći srednje brzine u svakom od njih. Ako u opisu gibanja navedemo srednje brzine u tim kraćim vremenskim intervalima, takav opis više govori o gibanju nego onaj u kojem poznajemo samo srednju brzinu u ukupnom vremenu gibanja. Opis gibanja precizniji je što su vremenski intervali s poznatim srednjim brzinama kraći. **Srednja brzina u vrlo malom vremenskom intervalu jest trenutačna brzina.** Uobičajeno je trenutačnu brzinu zvati samo brzina (v).

Brzina je kvocijent pomaka ostvarenog u vrlo malom vremenskom intervalu i tog vremenskog intervala. Tako definirana brzina ima jednak iznos po putu i po pomaku jer je iznos pomaka u vrlo malom vremenskom intervalu jednak putu.

Mjerna jedinica za brzinu jest metar u sekundi, što zapisujemo kao $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ili m/s. U svakodnevnom životu brzinu iskazujemo i kilometrima na sat: $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ili km/h. Pri rješavanju zadataka najčešće je potrebno pretvarati km/h u m/s.

Neke tipične brzine dane su u **tablici 1.1**.

rast ljudske kose	$3 \cdot 10^{-9}$ m/s
rast biljaka	$2 \cdot 10^{-7}$ m/s
krv u žilama	0,07 m/s
pješak	1,4 m/s (5 km/h)
trkač	10 m/s
biciklist	5,6 m/s (20 km/h)
automobil	45 m/s (162 km/h)
zvuk u zraku	340 m/s
točka na ekvatoru	465 m/s
puščani metak	800 m/s
Mjesec oko Zemlje	1 000 m/s
Zemlja oko Sunca	$3 \cdot 10^4$ m/s
svjetlost u vakuumu	$3 \cdot 10^8$ m/s

Tablica 1.1. Neke tipične brzine

Ovisnost brzine o izboru referentnog sustava. Brzina ovisi o izboru referentnog sustava. Uzmimo za primjer sustav povezan s vlakom koji se giba po tračnicama brzinom 70 km/h i sustav povezan s tračnicama. Putnici koji sjede u vlaku miruju u sustavu povezanom s vlakom, dok se u sustavu povezanom s tračnicama gibaju brzinom 70 km/h. Ako brzina konduktera u sustavu povezanom s vlakom ima orijentaciju brzine vlaka i iznosi 2 km/h, njegova brzina u sustavu povezanom s tračnicama iznosi 72 km/h.

Pozitivna i negativna brzina. Poput pomaka, i brzina može imati pozitivan i negativan predznak. Pomak i pripadajuća brzina istog su predznaka – pozitivnog kada se tijelo giba prema položaju s koordinatom većom od koordinate početnog položaja (gibanje udesno), a negativnog kada je koordinata položaja prema kojem se tijelo giba manja od koordinate početnog položaja (gibanje ulijevo). Tako se na **slici 1.3.a**, tijelo prva 3 metra giba brzinom pozitivnog predznaka, a idućih 8 metara brzinom negativnog predznaka.

Primjer 1: Neki automobil giba se brzinom $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Kolika je ta brzina iskazana u $\frac{\text{m}}{\text{s}}$?

Rješenje:

$$108 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 108 \cdot \frac{1\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} = 30 \text{ m/s.}$$

Primjer 2: Pretvorimo $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ u $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Rješenje:

$$15 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 15 \cdot \frac{1}{3\,600} \frac{\text{km}}{\text{h}} = 15 \cdot \frac{3\,600 \text{ km}}{1\,000 \text{ h}} = 54 \text{ km/h}.$$

Primjer 3: Automobil prijeđe 120 km brzinom 60 km/h, a zatim 80 km brzinom 100 km/h. Kolika je srednja brzina automobila na cijelom putu?

Rješenje:

$$\begin{array}{lll} s_1 = 120 \text{ km} & t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{120 \text{ km}}{60 \text{ km/h}} = 2 \text{ h} & \bar{v} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{120 \text{ km} + 80 \text{ km}}{2 \text{ h} + 0,8 \text{ h}} \\ v_1 = 60 \text{ km/h} & & \\ s_2 = 80 \text{ km} & t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{80 \text{ km}}{70 \text{ km/h}} = 0,8 \text{ h} & \bar{v} = 71,4 \text{ km/h} \\ v_2 = 100 \text{ km/h} & & \\ \bar{v} = ? & & \end{array}$$

Konceptualna pitanja

1. Koju brzinu mjeri brzinomjer u automobilu?
2. Koju brzinu mjeri vaš profesor / vaša profesorica TZK-a?
3. Može li trenutačna brzina biti veća od srednje?
4. Ako je srednja brzina automobila 62 km/h, znači li to da se automobil češće gibao tom brzinom nego drugim brzinama? Znači li to da je u prvom satu vožnje, koja je trajala 2,5 h, automobil prešao 62 km? Znači li to da je automobil u bilo kojem satu vožnje prešao 62 km?
5. U Velikoj Britaniji promet se snima dvjema kamerama međusobno udaljenim 2 km. Svaka kamera snimi tablicu automobila i trenutak u kojem automobil prolazi pokraj kamere. Provjerava li se na taj način srednja ili trenutačna brzina automobila? Koja se brzina provjerava u Hrvatskoj?



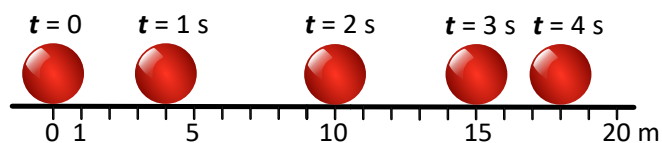
Numerički zadatci

1. Automobil A giba se po ravnoj cesti brzinom 80 km/h. Njemu ususret giba se automobil B brzinom 50 km/h. Kolika je brzina automobila B za vozača u automobilu A? Kolika bi bila brzina automobila B za vozača u automobilu A kada bi brzine automobila imale istu orijentaciju?
2. Automobil se giba brzinom 99 km/h. Koliko je to m/s?
3. Biciklist se utrkuje i vozi brzinom 10 m/s. Kolika je njegova brzina u km/h?
4. Čovjek prijeđe 75 metara svake minute. Kolika je njegova brzina u km/h?
5. Vlat trave naraste 8 cm u tjedan dana. Kolika je brzina rasta trave u km/h?

6. Kamion se giba uzbrdicom te za 100 s prijeđe put od 500 m, a u povratku isti put prijeđe za 25 s. Kolika je srednja brzina kamiona po putu na uzbrdici i nizbrdici?
7. Mjereći neko gibanje, odbrojavamo sekunde.
- Koliko sekundi traje prva sekunda, a koliko četvrta?
 - Koliko traje trenutak $t = 1$ s?
 - U kojem trenutku počinje, a u kojem završava prva sekunda? A četvrta?
8. Kuglicu koja se giba duž pravca fotografirali smo svake sekunde (slika).

a. Koliki je put prešla kuglica:

- u drugoj sekundi
- od $t = 0$ do $t = 3$ s?



b. Kolika je srednja brzina kuglice:

- u prvoj sekundi
- u četvrtoj sekundi
- na cijelom putu?

UČENIČKI POKUS – Srednja brzina čovjeka

MEĐUPREDMETNA TEMA
informatička i
komunikacijska
tehnologija

- Izmjerite svoju srednju brzinu pri uobičajenom hodanju i najbržem trčanju. Za mjerenje puta upotrijebite pogodnu aplikaciju na mobitelu.
- Izmjerite svoju srednju brzinu pri gibanju od kuće do školske zgrade.

PROJEKT – Srednja brzina transportnih sustava

Izmjerite:

- srednju brzinu nekoliko dizala
 - brzinu pokretnih stepenica
 - svoju brzinu dok koračate po pokretnim stepenicama.
 - srednju brzinu dostupnog transportnog sustava po želji (uspinjača, žičara, pokretna traka).
- Unaprijed odlučite o načinu mjerenja visine između katova i duljine pokretnih stepenica. Sve brzine izrazite u m/s i km/h. Usporedite ih s tipičnom brzinom hoda. Pripazite na sigurnost.

primjena
u struci

MEĐUPREDMETNA TEMA
zdravlje

PROJEKT – Srednja brzina prijevoznog sredstva

Služeći se sredstvima IKT-a, pronađite sve podatke potrebne za računanje srednje brzine vlaka (ili autobusa ili broda) od vašeg mjesta do nekoliko drugih mjesta po vlastitom izboru. Bit će to srednja brzina bez kašnjenja, u idealnim uvjetima. Izrazite je u km/h.

MEĐUPREDMETNA TEMA
informatička i
komunikacijska
tehnologija

Jednoliko pravocrtno gibanje

Brzinomjer motorkotača prikazanog na slici 1.5. pokazuje stalan iznos brzine. Ako u odabranom vremenskom intervalu motorkotač prijeđe 150 m, koliki će put prijeći u dvostruko duljem vremenskom intervalu?



Slika 1.5.

Od pravocrtnih gibanja najjednostavnije je ono pri kojem tijelo u jednakim vremenskim intervalima prelazi jednake putove. Put se jednoliko povećava, a iznos i orijentacija brzine ne mijenjaju se. Tako se, primjerice, giba automobil na cesti bez krivina, kada vozač nema potrebu ubrzavati automobil ni kočiti. Gibanje brzinom stalnog iznosa i orijentacije zovemo **jednoliko pravocrtno gibanje**. Brzina je u svakom trenutku jednaka srednjoj brzini pa se računa prema izrazu:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0},$$

gdje je s_0 put prijeđen do početka intervala (t_0), a s put prijeđen do kraja intervala (t). Počinjemo li vrijeme mjeriti u trenutku t_0 , tada je $t_0 = 0$. Ako tijelo u tom trenutku prolazi ishodištem referentnog sustava, prijeđeni je put do tog trenutka $s_0 = 0$ pa gornji izraz prelazi u:

$$v = \frac{s}{t}.$$

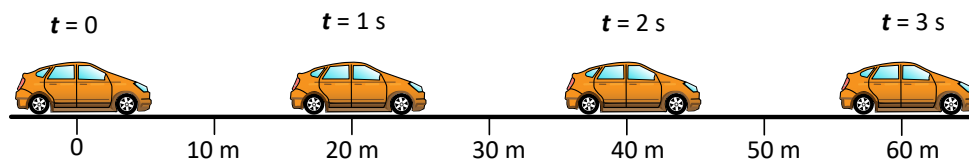
Iz toga slijedi:

$$s = vt.$$

Ako je tijelo do početnog trenutka prešlo put , tada je:

$$s = s_0 + vt.$$

Na slici 1.6. prikazani su položaji automobila koji se giba jednoliko pravocrtno. Uz položaje navedena su i pripadajuća vremena.

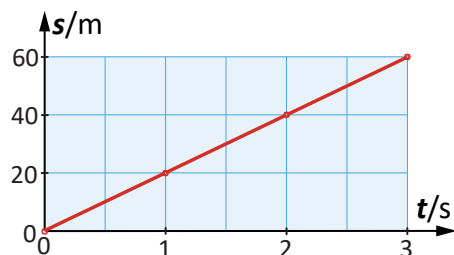


Slika 1.6. Jednoliko pravocrtno gibanje uz $s_0 = 0$

Podatke o vremenu i putu možemo prikazati tablično (**tablica 1.2.**) i grafički (**slika 1.7.**). Ako na apscisnu os naneseemo vrijeme, a na ordinatnu os vrijednosti puta, dobiveni graf zovemo s - t graf. On prikazuje ovisnost puta o vremenu.

t/s	s/m
0	0
1	20
2	40
3	60

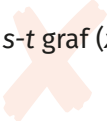
Tablica 1.2. Podatci za graf na slici 1.7.




Slika 1.7. s - t graf jednolikog gibanja po pravcu

Automobil svake sekunde prijeđe 20 m, što znači da mu je brzina 20 m/s.

Izbjegni pogrešku!

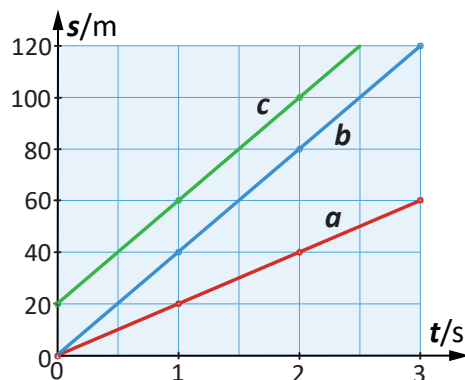
 s - t graf (x - t graf) je putanja tijela.

s - t graf (x - t graf) nije krivulja u prostoru, nego grafički prikaz ovisnosti puta, odnosno pomaka o vremenu. 

Graf puta automobila nalazi se i na **slici 1.8.** (graf a). Na istoj su slici još dva grafa, b i c . Kolika je brzina tijela čije je gibanje opisano grafom b ?

To tijelo svake sekunde prijeđe 40 metara, pa mu je brzina 40 m/s. Uočimo da je nagib grafa veći što je brzina veća.

Usporedimo sada nagibe grafova b i c . Oni su jednaki, što znači da je brzina gibanja opisana grafom c također 40 m/s. To možemo provjeriti očitavajući iz grafa c putove prijeđene svake sekunde. Oni stvarno iznose 40 m. Iz grafova se također vidi da se za jednaka povećanja vremena i put povećava za međusobno jednake iznose. Kraće, pri jednolikom gibanju put se tijekom vremena jednoliko povećava. Ako je put u početnom trenutku jednaki nuli, put je **proporcionalan** vremenu. Koliko se puta poveća vrijeme, toliko se puta poveća i put.



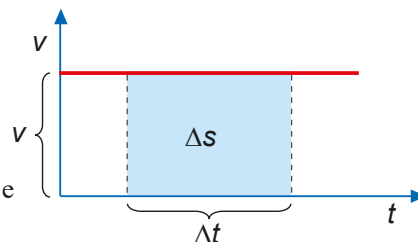
Slika 1.8. Grafovi ovisnosti puta o vremenu za jednoliko pravocrtno gibanje

Izbjegni pogrešku!

Dvije su veličine proporcionalne kada se jednolikim povećanjem jedne od njih i druga jednoliko povećava.

Proporcionalnost je više od navedene (rastuće linearne) ovisnosti. Dvije su veličine proporcionalne kada je njihov **omjer konstantan**. Drugim riječima, koliko se puta poveća jedna veličina, toliko se puta poveća i druga veličina.

Budući da je brzina stalna, graf ovisnosti brzine o vremenu (v - t graf) dio je pravca paralelnog apscisnoj (vremenskoj) osi (slika 1.9.). Iz slike 1.9. vidimo da je umnožak brzine i vremenskog intervala brojčano jednak površini pravokutnika stranica v i Δt . Prema izrazu $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, odnosno $\Delta s = v\Delta t$, taj je umnožak jednak prijađenom putu. **Prijađeni je put brojčano jednak površini pravokutnika ispod odgovarajućega dijela v - t grafa.**



Slika 1.9. Graf ovisnosti brzine o vremenu za jednoliko pravocrtno gibanje

Izbjegni pogrešku!

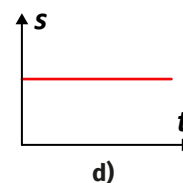
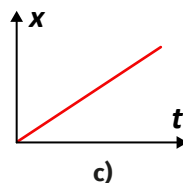
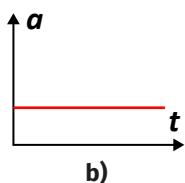
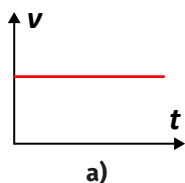
Podatci u tablici odnose se na jednoliko gibanje automobila sa slike 1.6.

t/s	v/m/s
0	0
1	20
2	20
3	20

Prema podacima u tablici, brzina se u prvoj sekundi povećala od 0 do 20 m/s, dok je pri jednolikom gibanju automobila njegova brzina 20 m/s u svakom trenutku, uključujući i $t = 0$.

Konceptualna pitanja

1. Koji graf prikazuje mirovanje tijela?



2. Koja izjava o jednolikom gibanju po pravcu **nije** istinita?

- a) Prijađeni se put jednoliko povećava.
- b) Brzina je proporcionalna s vremenom.
- c) Srednja je brzina jednaka trenutačnoj.
- d) Za putove prijađene u jednakim vremenskim intervalima vrijedi: $\Delta s_1 : \Delta s_2 : \Delta s_3 = 1 : 1 : 1$.

3. Koja fizikalna veličina ima iznos jednak koeficijentu smjera (nagibu) s - t grafa ili x - t grafa?

4. Grafovi na **slici** prikazuju ovisnost pomaka o vremenu za tijela A, B i C. Poredajte brzine tijela počevši od najmanje.

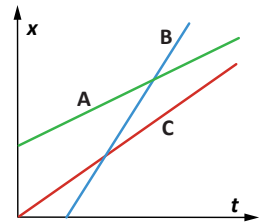
5. Koju fizikalnu veličinu prikazuje površina između grafa i apscisne osi u v - t koordinatnom sustavu?

6. **Slika** prikazuje ovisnost položaja tijela o vremenu.

a. Opišite gibanje tijela tijekom 7 s.

b. Koliki je put tijelo prešlo za 7 s?

c. Koliko je tijelo udaljeno od početnog položaja nakon 7 s?

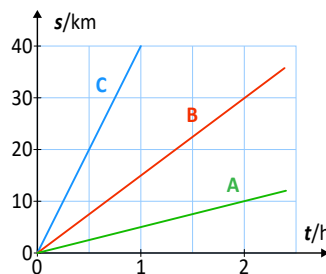


Numerički zadatci

Uzmite u obzir *Strategiju rješavanja zadataka iz Predgovora* (str. 4. i 5.).

1. Biciklist se giba brzinom 6 m/s. Koliko će kilometara biciklist prijeći za 10 minuta?

2. Izračunaj brzine triju tijela čija su gibanja prikazana grafovima na **slici**.



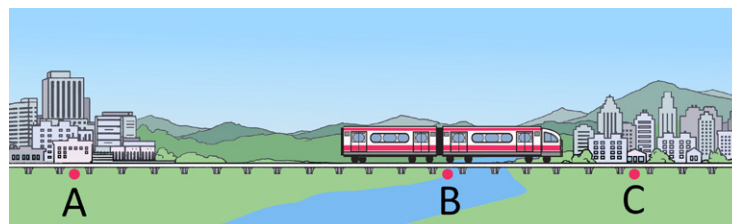
3. Ekran je širok 1 920 piksela. Programer je odredio da se mala kuglica horizontalno giba tako da svakih 10 ms prijeđe 15 piksela. Koliko vremena treba kuglici da prijeđe cijelu širinu ekrana?

4. Električni vlak vozi između dvaju gradova (**slika**). Od točke A do B, koje su udaljene 150 km, vozi brzinom 80 km/h, a od B do C vozi 1,5 h brzinom 60 km/h.

a. Koliko je ukupno trajala vožnja?

b. Koliko su udaljeni gradovi A i C?

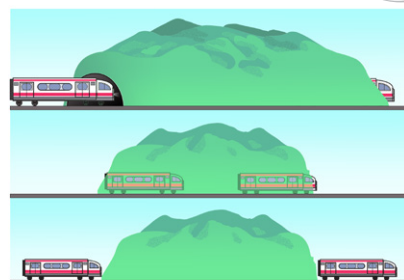
c. Kolika je bila srednja brzina vlaka na cijelom putu?



5. Čovjek čuje odjek svoga glasa od vertikalnog zida nakon pola sekunde. Koliko je čovjek udaljen od zida ako brzina zvuka u zraku iznosi 340 m/s?
6. Automobil vozi prvo 1 sat brzinom 40 km/h, a zatim sljedeći sat brzinom 80 km/h.
- Kolika je njegova srednja brzina?
 - Nacrtajte $v-t$ graf zadanoga gibanja. Zatim u istom koordinatnom sustavu nacrtajte jednoliko gibanje srednjom brzinom. Usporedi površine ispod obaju grafova, tj. put s_1 koji je automobil prešao u prvom slučaju (kad mu se brzina mijenjala) i put s_2 koji je prešao u drugom slučaju (kad je vozio jednoliko).
7. Automobil vozi prvo 1,5 sat brzinom 40 km/h, a zatim sljedećih pola sata brzinom 80 km/h.
- Kolika je njegova srednja brzina?
 - Nacrtajte $v-t$ graf zadanoga gibanja. Zatim u istom koordinatnom sustavu nacrtajte jednoliko gibanje srednjom brzinom. Usporedite površine ispod obaju grafova, tj. put s_1 koji je automobil prešao u prvom slučaju (kad mu se brzina mijenjala) i put s_2 koji je prešao u drugom slučaju (kad je vozio jednoliko).
8. Automobil prvo pola sata vozi brzinom 40 km/h, sljedećih pola sata parkiran je na odmorištu, zatim sat i pol vozi brzinom 80 km/h.
- Nacrtajte $v-t$ graf gibanja.
 - Kolika je srednja brzina automobila?
9. Sportaš trči prvo 20 min brzinom od 9 km/h, zatim 12 minuta hoda. Na aplikaciji očita da mu je srednja brzina pri cjelokupnoj vježbi bila 7,2 km/h. Kolikom je brzinom sportaš hodao?
10. Robotska ruka spušta kolačiće na pokretnu traku brzine 0,5 m/s u jednakim vremenskim intervalima. Koliko centimetara iznosi razmak između susjednih kolačića ako ih ruka spusti 26 svakih 10 sekundi?



11. Vlak dug 30 metara ulazi u tunel dug 80 metara brzinom 72 km/h.
- Koliko će sekundi u tunelu biti cijeli vlak?
 - Koliko sekundi treba proći da cijeli vlak iziđe iz tunela?



12. Autobus vozi srednjom brzinom 60 km/h te iz mjesta A u mjesto B dođe za 2 h. Drugi autobus krene pola sata za prvim i u mjesto B stigne kada i prvi autobus. Kolikom se srednjom brzinom gibao drugi autobus?
13. Gibanje tijela zadano je $s-t$ grafom.
- Nacrtajte $v-t$ graf gibanja.
 - Kolika je srednja brzina tijela?

