



Avtorji gradiva za učitelje projekta ARphymedes

Katarina SUSMAN, Saša DOLENC, Jerneja PAVLIN, Alžbeta MARČEK-CHORVÁTOVÁ, Ľubica VAREČKOVÁ, Gabriela PAVLEDOVÁ, Peeter MÜÜRSEPP, Dorin-Dumitru LUCACHE, Cristian-Gyöző HABA, Marco CANTARELLA, Giuseppe Fabio URSINO, Margarita SIMOPOULOU, Giannis LADAS.

Seznam avtorjev, njihovih institucij in prispevkov

Avtor	Institucija	Prispevek
Katarina SUSMAN	University of Ljubljana (Slovenija)	Idejna zasnova gradiva, priprava celotnega besedila, opisov, razlage in postavitve video posnetkov in animacij v kontekst poučevanja, ideje za dodatne dejavnosti in usmerjevalna vprašanja za učitelje, ideja za naslovnico
Saša DOLENC	University of Ljubljana (Slovenija)	Pomoč pri pripravi besedila, opisov, razlag in pri postavitvi video posnetkov in animacij v kontekst poučevanja, ideje za dodatne dejavnosti in usmerjevalna vprašanja za učitelje
Jerneja PAVLIN	University of Ljubljana (Slovenija)	Pomoč pri pripravi besedila, opisov, razlag in pri postavitvi video posnetkov in animacij v kontekst poučevanja, ideje za dodatne dejavnosti in usmerjevalna vprašanja za učitelje

Alžbeta MARČEK-CHORVÁTOVÁ	University of Ss. Cyril and Methodius (Slovaška)	Strokovni pregled in koordinacija
Ľubica VAREČKOVÁ	University of Ss. Cyril and Methodius (Slovaška)	Prevod v slovaščino in pomoč pri grafični podobi
Gabriela PAVLENDOVÁ	Slovak University of Technology (Slovaška)	Zasnova koncepta projekta
Peeter MÜÜRSEPP	Tallinn University of Technology (Estonija)	Priprava zgodovinskih zgodb za animacije v gradivu za učence, prevod v estonščino
Dorin-Dumitru LUCACHE	Technical University of Iasi (Romunija)	Prevod v romunščino
Cristian-Gyözö HABA	Technical University of Iasi (Romunija)	Prevod v romunščino
Marco CANTARELLA	Viteco (Italija)	Grafična priprava gradiva
Giuseppe Fabio URSINO	Viteco (Italija)	Grafična priprava gradiva
Margarita SIMOPOULOU	Diadrasis (Grčija)	Oblikovanje AR animacij in priprava sprožilcev za AR
Giannis LADAS	Diadrasis (Grčija)	Scenariji za AR animacije

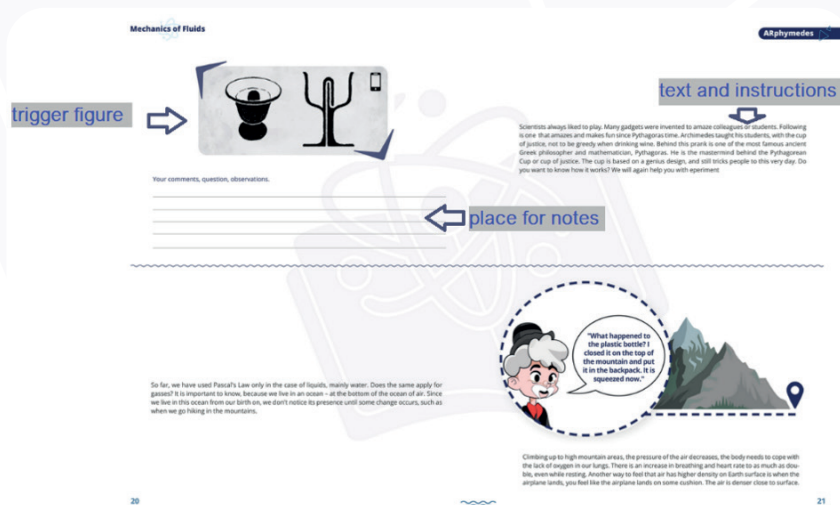
UVOD

Pred vami je gradivo za učitelje, ki predstavlja spremno gradivo gradiva za učence. Želeli smo ustvariti funkcionalno celoto z gradivom za učence in za učitelje. Priročnik ima za učitelja pomembno vlogo, saj je gradiva za učence, ki so zbrana kot samostojen sklop gradiv, mestoma potrebno osmisлити tudi z ustnimi navodili in pojasnili ter jih umestiti v vsebinski okvir. Priporočila za delo, vsebinska pojasnila in predlogi dejavnosti so zbrani v tem gradivu, ki vključuje tudi obogateno resničnost. Slednja učiteljem omogoči hiter vpogled v eksperimentalno delo, pripomočke, ki jih za delo potrebujemo in pogosto služijo namesto pisnih navodil. Koncept temelji na izkustvenem učenju in izhaja iz spoznanja, da je učenec celostno bitje in da je narava nedeljiva celota. Obenem omogoča učenje na daljavo in nudi dosegljiv vir pojasnil. Učenec mora biti aktivno vključen v kognitivne procese, AR in praktične eksperimente. Rezultate primerja s sošolci, spletnimi gradivi, jih dopolnjuje in popravlja. Takšen način poučevanja omogoča ustvarjalnost, prispeva k trajnejšemu pomnjenju, k samostojnosti učenca, individualizaciji in diferenciaciji poučevanja, razvija kritično mišljenje in nenazadnje tudi razvoj spretnosti.

O GRADIVU ZA UČITELJE

O gradivih za učence in vlogi gradiva za učitelje

Pričujoča knjiga je namenjena učiteljem pri pouku fizike kot spremljiva zbirke dodatnih in dopolnilnih gradiv za učence. Gradivo za učence je zbirka aktivnosti, ki običajno učbeniško gradivo dopolnjuje, nadgrajuje in obogati. Pri tem izstopajo elementi obogatene resničnosti (AR), ki predstavljajo sodoben pristop k poučevanju in so obenem za mlade privlačen in motivacijski dodatek. V ospredje postavlja eksperimentalno delo, ki je vezano na izkušnje učencev. V osnovni postavitvi je vsebina razporejena na dveh A4 straneh, ki delujeta kot celota in med njima ni meje, kot je razvidno iz spodnje slike.



Osnovna postavitev strani v knjigi za učence.

Posebno slikovno gradivo v obliki skic ima poleg osnovne sporočilnosti še dodaten pomen, saj so posamezne slike t.i. sprožilci za AR. Uporabnik gradiv pri delu potrebuje pametni telefon ali tablico z vključeno kamero in aplikacijo, ki si jo prenesete na spodnji povezavi (QR koda).

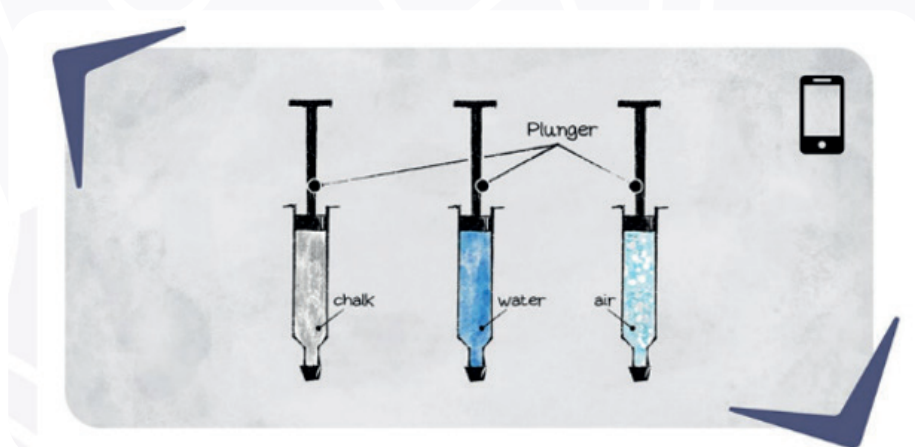
Download it or scan the QR code and find out more!



ARPhymedes StudentBook
Diadris

QR koda (levo) preko katere lahko uporabnik naloži aplikacijo (desno).

Ko v objektiv ujame sliko (sprožilec), ki se nahaja v tiskani ali e-verziji gradiv, prične z izvedbo obogatene resničnosti. V tem okviru lahko opazuje posnetek poskusa ali animacijo ob sprožilnih slikah.



Primer slike, ki je obenem tudi »sprožilec« za animacijo.

Sama zasnova gradiv za učence ne temelji na sosledju vsebin, ki sledijo učnemu načrtu predmeta fizika, ampak gre za dodatna gradiva, ki pouk ali samostojno delo učencev obogatijo. Enačbe in računski zgledi so v gradivih za učence v večji meri izpuščeni, saj naj bi gradiva krepila razumevanje pojmov in pojavov v fiziki in spodbujala višje kognitivne ravni mišljenja in razumevanja. Gradivo za učitelje predvideva in predlaga posamezna mesta, kamor učitelj lahko umesti izračune

in jih vpelje ob postopni razlagi, pojasnilih in predlogih. Dejavnosti v gradivih za učence temeljijo na vsakdanjih situacijah in izkušnjah učencev, ki vodijo v izpeljavo aktivnosti, ki so predstavljene na različne načine. Zgodovinski vidik in povezava z razvojem znanosti ponuja možnosti za poseben pristop k učenju fizikalnih vsebin. Vključeni so primeri tehničnih rešitev (izdelki, naprave, stroji...), ki temeljijo na fizikalnih konceptih in vsebinah. Količina besedila ni velika, zato so v priročniku za učitelje zbrani predlogi, iztočnice, vprašanja, podkrepitve gradiv za učence z dodatnimi pojasnili, strokovnim gradivom, ipd.

Naslednja poglavja priročnika za učitelje sovpadajo s poglavji gradiv za učence. Vključena so naslednja poglavja:

- Kaj je fizika
- Mehanika – kinematika
- Mehanika – dinamika
- Tekočine
- Delo, moč in energija

Naslovnica vsakega poglavja v gradivu za učence je iztočnica za pogovor o izbrani fizikalni tematiki.



Naslovnice poglavij v gradivu za učence.

Na vsaki naslovnici poglavja gradiva za učence je glavni lik Arphy v posebni situaciji, ki odpira vprašanja, povezana z vsebino. Glavni lik vodi učence skozi čas in pomembne dogodke in jih seznaja z izbranimi fizikalnimi pojmi. Učitelj naj bi izpostavil posebnosti, nakazal odprta vprašanja, ki jih bodo z učenci ob dejavnostih odkrivali in iskali odgovore. Posebno vlogo ima lahko učitelj pri oblikovanju zgodovinskega okvira razvoja znanosti ob pripovedovanju zgodbe, ki učencem razkrije, v kakšnem času, okoliščinah in pogojih so znanstveniki opisovali in pojasnjevali pojave v naravi. Pogosto spoznanja v zgodovini znanosti sledijo korakom, ki jih morajo opraviti tudi učenci ob usvajanju posameznih fizikalnih konceptov. Zato gradivo za učitelje vsebuje podatke in zanimive zgodbe o znamenitih osebnostih, ki so prispevali k razvoju znanosti.

Vsako poglavje gradiva za učitelje povzema učne cilje, ki jih gradiva za učence zasledujejo. Nakazane so napačne predstave učencev pri posamezni učni vsebini in predlogi za premostitev le teh. Za posamezne dele gradiva za učence so v gradivu za učitelje pripravljeni predlogi za izvedbo dejavnosti, nakazane iztočnice za pogovor, vprašanja za učence, projektne naloge z usmeritvami in gradiva za poglobljanje znanja.



ARPHYMEDES

POGLAVJE 1

KAJ JE FIZIKA



This document was funded by the European Union's Internal Security Fund — Police. The content of this document represents the views of the author only and is his/her sole responsibility. The European Commission does not accept any responsibility for use that may be made of the information it contains. Project n.: KA201-078391

KAJ JE FIZIKA?

Fizika nosi ime, ki izvira iz stare Grčije. Beseda v starogrščini pomeni nauk o naravi. Fizika je osnovna naravoslovna veja znanosti, ki preučuje snov in energijo ter njun medsebojni vpliv. Opisuje vesolje od najmanjših do največjih razsežnosti, ki si jih lahko zamislimo. Opisuje dogajanje na submikroskopski ravni, kot tudi na ravni velikosti vesolja kot celote. Fizika se povezuje z ostalimi vejami znanosti, v kateri raziskave odpirajo vedno nova vprašanja, ki vodijo v nadaljnje raziskave. Tudi v zgodovini fizike zasledimo, da so se teorije spreminjale, nadgrajevale in združevale. Newton je tako poenotil mehaniko vesoljskih teles in mehaniko teles na Zemlji in v laboratoriju. Oersted je poenotil elektriko in magnetizem, Maxwell elektriko in optiko. Kvantna mehanika je povezala in poenotila mehaniko in kemijo.

Pri fiziki se torej znanje gradi in nikoli ne vemo, kdaj bodo nova spoznanja spremenila ali dopolnila trenutno znanje in obstoječe teorije, ki opisujejo naša opažanja in merjenja v naravi.

Učni cilji

V poglavju »Kaj je fizika« bodo učenci dobili vpogled v to, kaj vse fizika opisuje, kako je fizika vpeta v različne veje znanosti in na katera področja našega življenja seže. Spoznali bodo, kakšna orodja za opisovanje pojavov uporablja in kako se v fiziki izražajo in zapisujejo izreki, zakoni, enačbe in enote.

Učenci:

- odkrivajo pomen eksperimenta pri spoznavanju in preverjanju fizikalnih zakonitosti;
- spoznavajo pomembnost povezovanja eksperimentalnega znanja s teoretičnim, analitičnim in sintetičnim razmišljanjem;
- spoznavajo nedeljivost merskega števila in enote in to, da moramo vrednosti fizikalne količine vedno zapisati kot njun produkt;
- uporabljajo besedila s fizikalno vsebino, strokovno literaturo, e-gradiva, strokovne spletne strani in druge vire za pridobivanje podatkov in usvajanje znanja;
- spoznavajo pomen in nepogrešljivost fizikalnega znanja za tehnološki razvoj in obvladovanje narave;
- se naučijo vrednotiti znanstvene dosežke fizike, njihov vpliv na spremembo življenjskih razmer in napredek družbe ter splošne kulture;
- spoznavajo zgodovinske in socialne učinke razvoja fizikalnega znanja;
- pridobivajo zavest o neločljivi povezanosti posameznika, družbe in okolja;
- kritično razmišljajo o uporabi znanstvenih dosežkov in se zavedajo soodgovornosti za obstoj življenja na Zemlji;
- opišejo pojave, ki jih proučuje fizika, in uporabo fizike v vsakdanjem življenju, znanosti, tehniki, medicini;
- spoznavajo in se učijo uporabljati metode in oblike dela pri fiziki: opazovanje, načrtovanje, merjenje, eksperimentiranje, oblikovanje sklepov,

- interpretacija meritev in izidov poskusov;
- opredelijo pojme: fizikalna količina, fizikalna enota in merska priprava;
- prepoznajo izbrane fizikalne količine;
- samostojno izvedejo meritev dolžine ali časa, izračunajo povprečno vrednost in grobo ocenijo napako meritve;
- usvojijo predpone in po predponah ugotovijo pretvornike med merskimi enotami;
- primerjajo razsežnosti atoma in drugih mikroskopskih delcev z razsežnostmi v vesolju (Bajc idr., 2011).

Naslovnica poglavja

Naslovnica poglavja nakaže, da fizika povezuje teoretične in eksperimentalne veje znanosti. Na tabli je zapisana enačba, ki predstavlja matematični opis neke fizikalne lastnosti. Ob zapisu se z učenci lahko pogovorimo o simbolih, enotah in njihovem zapisu. Predstavi se lahko grška abeceda, ki je v fiziki zelo zastopana,



saj zelo veliko fizikalnih oznak vključuje grške črke. Ponovi se lahko pretvarjanje že znanih količin in enot ter se pozornost usmeri v njihov ustrezni zapis. Pogovorimo se o standardnih enotah in pomenu standardnih enot za ustrezno sporazumevanje.

Na naslovni sliki opazimo tri priprave za merjenje, ki jih učenci že poznajo. To so termometer, ravnilo, štoparica. Z učenci se pogovorimo o napravah in pripomočkih za merjenje, o

postopkih merjenja in se dogovorimo o pravilih, ki se jih pri izvajanju meritev držimo. Obenem lahko učencem predstavimo laboratorijsko opremo, red v laboratoriju, skrbi za varno ravnanje s pripomočki in skrbi za lastno varnost. Ob natančnem ogledu naslovnice lahko z učenci načrtujemo primer eksperimenta, ki ga lahko izvedemo. Učenci naj z meritvami dokažejo, katera žlica je primernejša za mešanje vode pri spremljanju časovnega poteka temperature. Verjetno bodo učenci odgovor že poznali, a naj jim bo v izziv, da svojo domnevo podkrepijo z meritvami. Učence opozorimo, da je pri merjenju temperature pomembno mešanje, sistematično beleženje časa in temperature in zapisovanje izmerkov v vnaprej pripravljeno tabelo. Na koncu izmerke z učenci interpretiramo in odgovorimo na raziskovalno vprašanje.

Ta primer predstavimo kot vzorčni primer fizikalnega eksperimenta in raziskovanja v znanosti. Čeprav so znanstveniki skozi zgodovino predvidevali izide, so le sistematične meritve tiste, ki domneve potrjujejo. Pri tem uporabljajo merilne pripomočke in merilne naprave, ki morajo biti ustrezno umerjene. Tudi sodobne raziskave temeljijo na serijah meritev, ki se jih interpretira in zapiše v obliki matematičnega izraza. Matematika je tako orodje, ki ga fizika uporablja za zapis, opis in interpretacijo pojavov.

Naslovnica poglavja nakazuje nadaljnje delo in aktivnosti znotraj poglavja, ki so vezane na velikostne rede in opis ter interpretacijo pojavov v naravi.

Pomembni znanstveniki

Na začetku poglavja so opisi dela in življenja treh izbranih pomembnih oseb v zgodovini fizike. V priročniku za učitelje podajamo še nekaj zanimivosti, ki so povzete po literaturi (Strnad, 2003).

Aristotel (384–322 pr. n št.), ki je živel in deloval v času stare Grčije, je bil v starem veku ena od pomembnejših osebnosti v razvoju znanosti. Bil je Platonov učenec in je razvil holističen pogled na svet. Ustanovil je svojo šolo, poimenovano licej. Še danes se ta izraz nahaja v imenih izobraževalnih ustanov širom sveta. Bil je plodovit pri pisanju knjig, ki so zajemale različna področja, od zoologije, botanike, pesništva, fizike do državne ureditve. Aristotel je svet delil na dva dela, na svet pod Luno in na svet za Luno, kjer je prvi spremenljiv in umazan, drugi pa nespremenljiv in božanski. Zemlja je bila po njegovem prepričanju središče vesolja. Gibanje ostalih znanih teles v vesolju (Sonca, Lune, Merkurja, Venere, Marsa, Jupitra, Saturna in zvezd stalnic) je skušal opisati s kroglami. Aristotelova slika pogleda na vesolje in svet je obveljala izredno dolgo, vse tja do 17. stoletja.

Galileo Galilei (1564-1642) je s svojimi revolucionarnimi razmišljanji in delom odstrl pot v renesanso in razsvetljski napredek v znanosti. Rodil se je v Pisi, znani po nagnjenem stolpu. Pomembno je vplival na razvoj astronomije, saj je prvi sistematično opazoval nebesna telesa z daljnogledom, ki ga je po nizozemskih idejah v celoti izdelal sam. Tudi leče je brusil sam. Opisoval je plimo in oseko ter predstavil pogled na heliocentrični sistem. Po izidu knjige »Dialogi« so ga privedli pred sodišče v Rim, ker je sodišče pod papeževim predsedovanjem sprejelo strog sklep. Če se ne bi odrekel »napaki in krivoverstvu o gibanju Zemlje«, bi bil mučen. Ker je to storil, je bil obsojen na hišni zapor in nadzorstvo. Kljub temu je še naprej ustvarjal in raziskoval. Njemu pripisujemo slavni rek »In vendar se vrtil«, ki nakazuje, v kaj je verjel, čeprav je moral svoja prepričanja zanikati, da je ostal pri življenju. Svoje raziskave je usmeril na raziskovanje gibanja teles in še posebej gibanja teles med padanjem. Čeprav mu pogosto pripisujejo spuščanje teles s poševnega stolpa, raziskovalci

zgodovine fizike verjamejo, da tega Galileo Galilei ni počel. Bil je med prvimi, ki so izvajali sistematične poskuse, saj jih je načrtoval, premišljeno izvajal in na osnovi premisleka včasih izide že napovedoval. Zanimivo je, da je poskuse s kotaljenjem kroglice po klancu izvajal ob petju, kjer je takt pesmi predstavljal tudi mero za čas. Na klančino je namestil strune. Ko se je kroglica kotalila, je povzročila zvok (udarec) vsakič, ko se je prekotalila preko strune. Ob petju mu je uspelo strune namestiti tako, da so bili zaporedni udarci v enakih časovnih razmikih. Pri merjenju časa si je poleg petja pomagal še s srčnim utripom.

Kot tretja pomembna oseba je v gradivih za učence naveden **Albert Einstein (1879–1955)**, eden od znanstvenikov, ki ga vsakdo poveže s fiziko. Albert Einstein ni samo fizik, ki je zakone fizike dopolnil, ampak je v svetu ikona in sinonim za moderno fiziko. Leta 1905 je razvil posebno teorijo relativnosti. Istega leta so izšli štiri članki, ki so močno vplivali na razvoj fizike. V teh člankih je obravnaval Brownovo gibanje, osnovo posebne teorije relativnosti ter povezal maso telesa z energijo. Einsteinu pripisujemo tudi splošno teorijo relativnosti. V času druge svetovne vojne je deloval v ZDA. Prispevek raziskovalne skupine na področju razvoja jedrske fizike je omogočil razvoj jedrske bombe. Po tragičnem dogodku ob koncu 2. svetovne vojne je Einstein in veliko drugih znanstvenikov javno obžalovalo, da je razvoj znanosti pripomogel k tako strahovitemu dejanju.

Vprašanja in aktivnosti za diskusijo z učenci

Na spletu poišči nekaj slavnih mislecev v obdobju stare Grčije.

Na spletu poiščite znanstvene dosežke Galilea Galilea.

Zakaj lahko sklepamo, da je bil Galileo Galilei dober pevec?

Kaj je značilno za prosti pad teles?

Pomisli na Galilejev poskus spuščanja kroglic po klancu. Kako so bile strune na klancu med seboj razmaknjene, da je slišal enakomerne udarce? Preveriš lahko s samostojno izvedbo tega eksperimenta.

Kako izmerimo srčni utrip? Izmeri svoj srčni utrip ob mirovanju in po opravljenih 20 neprekinjenih skokih v višino na mestu. Komentiraj, ali je srčni utrip natančna mera za merjenje časa.

S katerimi znanstveniki je sodeloval Albert Einstein v času druge svetovne vojne?

Kje je takrat deloval? Katerega dosežka se je sramoval?

Katera enačba v povezavi z Albertom Einsteinom je najbolj poznana?

Na spletu poišči nekaj znanih misli Alberta Einsteina.

Sestavi križanko s pojmi, ki jih lahko povežemo z Albertom Einsteinom.

V skupinah sestavite kviz o vseh treh pomembnih znanstvenikih (Aristotel, Galileo

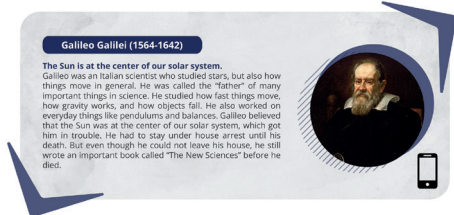
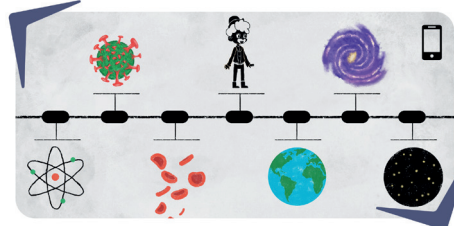
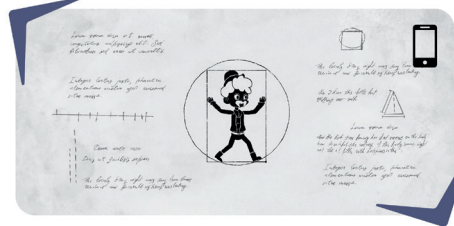
Galilei in Albert Einstein).

Umesti pomembne znanstvenike na časovni trak.

Eksperimenti in animacije

Spodnja tabela prikazuje seznam animacij, kot so navedene v gradivu za učence.

Tabela: Seznam sprožilnih slik v poglavju »Kaj je fizika«

Kratek opis animacije	Slika/ »sprožilec«
Animacija o Galileju v Pisi	
Animacija o velikostnih redih, od najmanjših do razsežnosti vesolja	
Animacija o anekdoti povezani s kartezijevim koordinatnim sistemom	
Animacija o oceni in ocenjevanju velikosti	

Literatura

Bajc, J. idr. (2011). Učni načrt, Fizika: osnovna šola. Ministrstvo za šolstvo in šport; Zavod RS za šolstvo.

Strnad, J. (2003). Razvoj fizike (The development of physics). DZS.





ARPHYMEDES

POGLAVJE 2

MEHANIKA: KINEMATIKA



This document was funded by the European Union's Internal Security Fund — Police. The content of this document represents the views of the author only and is his/her sole responsibility. The European Commission does not accept any responsibility for use that may be made of the information it contains. Project n.: KA201-078391

Mehanika: Kinematika

Kaj je mehanika: kinematika?

Mehanika je veja fizike, ki opisuje gibanje ali mirovanje teles. Kinematika je pod-veja mehanike, ki opisuje gibanje teles v opazovanem sistemu. Pri tem ima pomembno vlogo opazovani sistem in koordinatni sistem.

V poglavju »Mehanika: Kinematika« bodo učenci ob animacijah prepoznavali gibanje teles in poglobili znanje uporabe grafičnih predstavitev gibanja.

Operativni učni cilji

Učenci:

- načrtujejo in izvajajo preproste poskuse in raziskave, obdelujejo podatke, analizirajo rezultate poskusov in oblikujejo sklepe;
- opredelijo razliko med gibanjem in mirovanjem opazovanega telesa glede na okolico;
- opišejo premo in krivo gibanje;
- razlikujejo med pojmi lega, premik, pot;
- ob animacijah usvojijo, da je hitrost količnik poti in časa;
- uporabijo enačbo za računanje hitrosti;
- opišejo enakomerno in neenakomerno gibanje;
- razlikujejo med povprečno hitrostjo in trenutno hitrostjo telesa;
- uporabijo enačbo za računanje poti;
- prepoznajo graf, ki prikazuje odvisnost poti od časa, z njega preberejo podatke, ga razložijo in razumejo, katero vrsto gibanja predstavlja;
- prepoznajo graf, ki prikazuje odvisnost hitrosti telesa od časa, z grafa preberejo podatke, graf razložijo in razumejo, kakšno vrsto gibanja predstavlja graf;
- prepoznajo graf, ki prikazuje odvisnost pospeška telesa od časa, z grafa preberejo podatke, graf razložijo in razumejo, kakšno vrsto gibanja predstavlja graf;
- z uporabo grafov računajo neznane količine (Bajc idr., 2011).

Pogoste napačne predstave učencev

V literaturi zasledimo precej raziskav, ki odkrivajo in identificirajo napačne predstave učencev. V nadaljevanju so na kratko navedene napačne predstave učencev, ki jih lahko povežemo s tem poglavjem. V literaturi, ki je navedena, so napačne predstave natančno predstavljene. V posameznih prispevkih si lahko preberemo še več podrobnosti in metod odkrivanja napačnih predstav.

Učenci:

- imajo težave pri razlikovanju med pojmom hitrost in pospešek;
- obravnavajo hitrost delcev kot neposreden pokazatelj pospeška delcev;
- menijo, da konstantna sila ohranja predmet v gibanju in ta se giblje s konstantno hitrostjo;
- izrazijo, da je hitrost padajočega telesa sorazmerna z njegovo težo (to je bilo tudi Aristotelovo prepričanje);
- navajajo, da če ni sile ali na predmet deluje nekaj sil, katerih rezultanta je 0, predmet vedno miruje;
- menijo, da konstantna sila povzroča konstantno hitrost;
- menijo, da sila ni potrebna, da predmeti padejo, saj »vedno želijo iti dol«;
- menijo, da je gravitacija neke vrste impulz, ki ga pridobijo padajoči predmeti;
- menijo, da gibanje ni mogoče brez materialnega medija;
- menijo, da imata dve telesi enako hitrost, ko istočasno zasedata isti položaj, čeprav sta se telesi gibali z različno hitrostjo;
- menijo, da v grafu $v(t)$ sprememba smeri krivulje predstavlja spremembo smeri predmeta;
- spregledajo dejstvo, da točka, kjer krivulja seka časovno os, ustreza trenutni hitrosti 0;
- imajo težave pri razumevanju negativnih hitrosti na grafu;
- izražajo težave v razumevanju, ki so neposredno povezane z nezmožnostjo vizualizacije gibanja, ki je prikazano na grafu $v(t)$;
- se pogosto ne zavedajo, da se morajo za odgovor na vprašanje o legi v določenem času sklicevati na informacije, ki niso navedene na grafu $v(t)$;
- ne razlikujejo med položajem predmeta (x) v določenem trenutku in njegovim premikom (Δx);
- v časovnem intervalu ne uspejo povezati povprečne hitrosti s trenutno hitrostjo na sredini časovnega intervala;
- pogosto izračunajo hitrosti iz svojih meritev položaja in časa, narišejo točke in jih povežejo v lomljeni graf;
- imajo težave pri razlikovanju oblike grafa od poti dejanskega gibanja, ko se morajo iz grafične predstavitve prestaviti v laboratorijsko (realno) situacijo;
- pogosto ne morejo prevesti dejanske fizike v pravilno predstavitev na grafu $v(t)$ v primerih, ko premikajoči se predmet obrne smer;
- menijo, da imata dve telesi, ki dosežeta isti položaj, tudi enako hitrost;
- menijo, da če je predmet na neki poti pred drugim predmetom (v prednosti), ima ta večjo hitrost;
- ne povežejo svoje predstav o tem, kako hitro se premika telo, z razmerjem med prepotovano razdaljo in pretečenim časom, torej s trenutno hitrostjo telesa.

Naslovnica poglavja

Naslovnica poglavja predstavlja izhodišče za pogovor. Prikazuje dečka, ki sedi v vlaku. Vlak se giblje, medtem ko zunaj stoji Arphy. Vprašanje, ki ga naslavlja deček v vlaku, je: »Kdo se giblje?«



Slika 1: Naslovna stran poglavja »Mehanika: Kinematika«

Učitelj naj pogovor usmeri v pomen opazovanega sistema. Opišejo naj, kdo se giblje v posameznem opazovanem sistemu. V sistemu pokrajine, v kateri stoji Arphy, se giblje vlak in deček v njem, v sistemu vlaka pa deček miruje.

Ob naslovnici naj učitelj ponovi osnovne pojme pri gibanju, kot so:

- gibanje opazovanega telesa,
- premo in krivo gibanje ter
- enakomerno in neenakomerno gibanje.

Učenci lahko z navajanjem primerov iz vsakdanjega življenja ali s prepoznavanjem fotografij gibanj opredelijo posamezni pojem. Učitelj lahko na tem mestu pripravi preprosto didaktično igro, kjer učenci iščejo pare. Par npr. predstavlja kartonček s sliko in kartonček s pojmom.



Krivo
gibanje

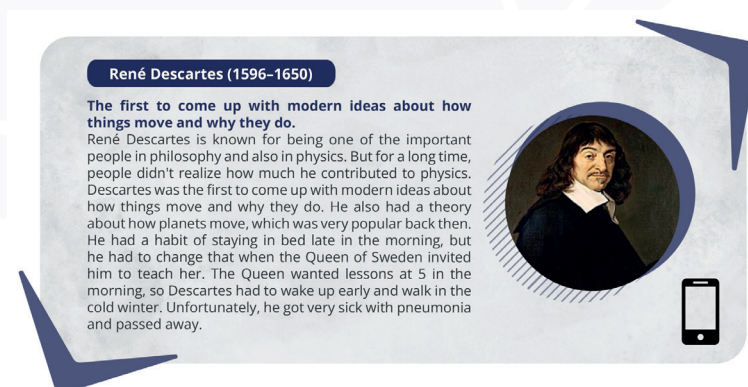


Premo
gibanje

Slika 2: (Vir slik: <https://www.hippopx.com>)

Pomembni znanstveniki

Učenci ob prebiranju besedila spoznajo tri pomembne osebe, to so **Nicole Oresme**, **Rene Descartes** in **Andre-Marie Ampere**. Učitelj z učenci razvije pogovor o njihovem življenju, času, v katerem so delovali in pomenu njihovega dela za znanost. Rene Descartes je pri svojem delu veliko pozornost namenil kartezičnemu koordinatnemu sistemu in njegovi uporabi. Še danes je prav koordinatni sistem matematično orodje in osnova za opis gibanja. Spodnja slika je sprožilec za animacijo o življenju in delu Reneja Descartesa.



Andre-Marie Ampere je oseba, po kateri je poimenovana enota za električni tok. Na prvi pogled se zdi nenavadno, da je umeščen v to poglavje. Ko učenci preberejo besedilo, lahko spodbujamo učence k iskanju odgovorov na spletu ali v naprej pripravljenih gradivih, besedilih. V pomoč so lahko tudi naslednja vprašanja in izzivi.

Vprašanja in aktivnosti za diskusijo z učenci

Čigavo delo je Oresme kritiziral?

Zakaj menite, da je opis življenja Oresmea umeščen ravno v to poglavje?

Po katerem reku je Rene Descartes najbolj poznan?

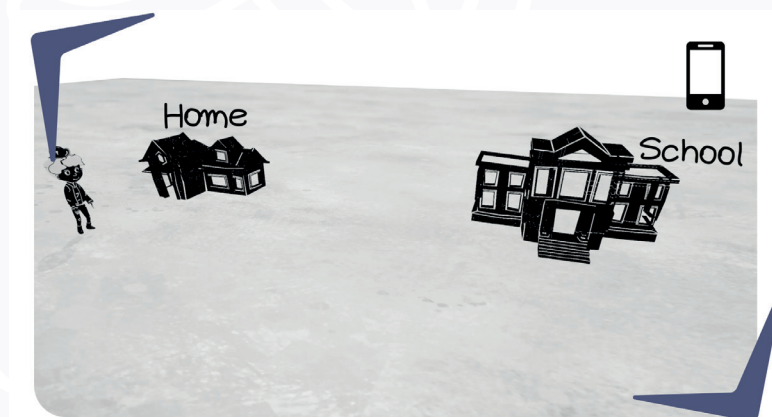
Kako prikažemo kartezični koordinatni sistem? Kako označimo osi? Nariši. Morda kdo ve, kako se imenuje enota za električni tok?

Na spletu poiščite podatke o dosežkih Ampera.

Eksperimenti in animacije: lega, premik, pot

Učenci ob animacijah usvojijo pojme in razlikujejo med lego, premikom in potjo. Pri obravnavi gibanja uporabljamo vse tri pojme. Pri enem dogodku tako lahko opravimo dolgo pot, a je premik od naše začetne do končne lege enak 0. Tak primer je, ko se od doma odpravimo na izlet in se na koncu vrnemo domov.

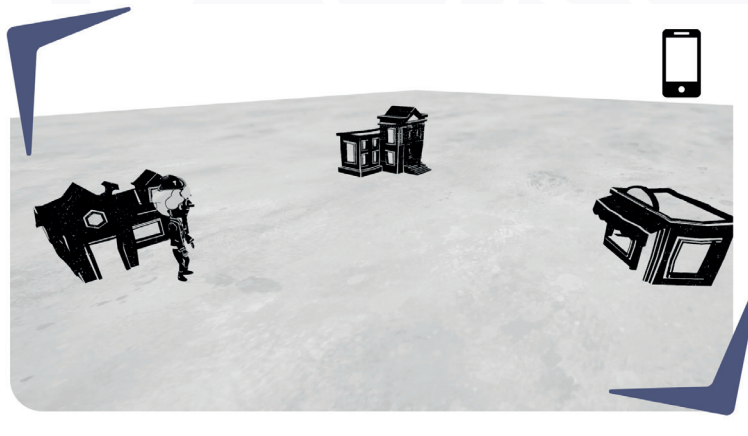
Ob prvi animaciji z učenci spregovorimo o pojmu lega.



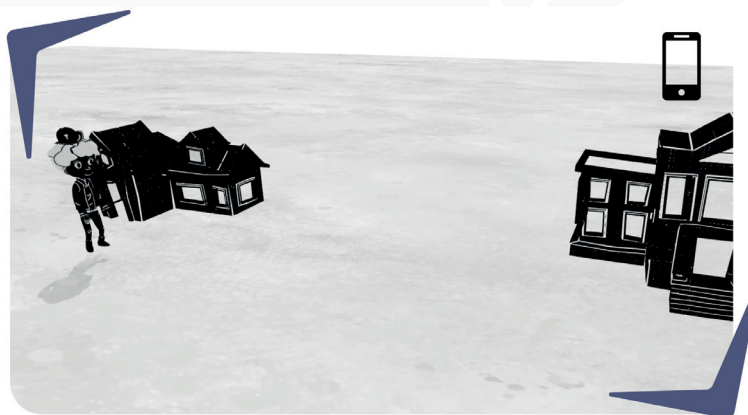
Z drugo animacijo opredelimo pojem oddaljenosti od izhodišča.



V tretji animaciji povežemo oddaljenost in pot. Arphy se je na koncu znašel na istem mestu, na enaki oddaljenosti od doma, a je v tem primeru prehodil daljšo pot, kot pri prejšnji animaciji. Oddaljenost in pot sta dva različna pojma.



Pri zadnji animaciji, v tem sklopu, lahko pokažemo, da je prepotovana pot dolga kljub temu, da je na tej poti premik enak nič. To pomeni, da je oddaljenost med začetno in končno lego enaka nič.

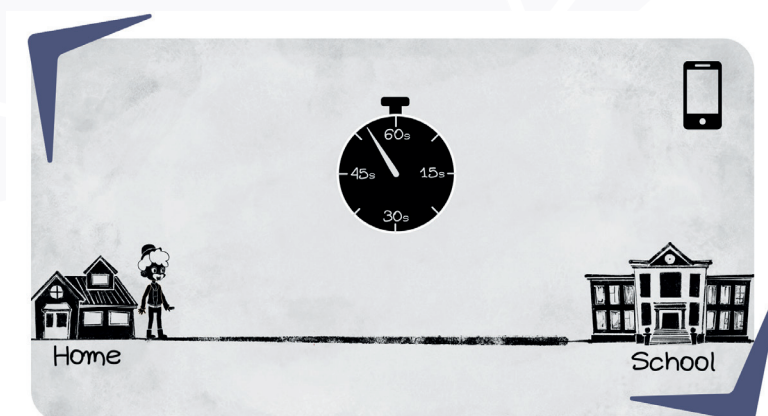


Predlogi za dodatne aktivnosti:

1. Z učenci lahko na tleh izdelamo mrežo (kartezijev koordinatni sistem). V kolikor je tlakovanje tal že v obliki kvadratov, to izkoristimo. V nasprotnem primeru črte na tleh izdelamo z zaščitnim lepilnim trakom. Na izdelani koordinatni sistem zapišemo enote. Izberemo nekaj igralcev, ki spreminjajo svojo lego v prostoru. Učitelj poljubno navaja lege, kamor naj se izbrani učenci premaknejo. Pričnemo s pravilom, da se lahko učenci premikajo le premočrtno. Primer: iz lege (1,1) se premakni na lego (4, 3) in pri tem opravi pot 5 enot. Iz lege (4, 3) se premakni na poljubno lego, upoštevaj, da mora biti razdalja do nove lege natanko 3 enote. V nadaljevanju te dejavnosti lahko pričnete z vpeljavo primerov krivega gibanja (npr. kroženje).
2. Učenci delajo v paru. Vsak v paru naj v koordinatni sistem nariše zanimiv vzorec, ki ga ustvari z eno potezo in ga sestavljajo samo ravne črte. Nato zapiše navodilo z izrazi lega, premik, pot. Navodilo nato poda sošolcu, ki mora vzorec narisati po njegovih navodilih. Izdelek primerja s prvotnim vzorcem.

Hitrost, povprečna hitrost

Animacije, ki so bile predstavljene, še niso vključevale pojma čas. Iz njih ni mogoče razbrati, v kolikšnem času je bila pot opravljena. Vemo, da lahko enako pot opravimo v različnih časih. Učenci tovrstne izkušnje že imajo, zato lahko kaj hitro izpeljejo sklep, da je tisti, ki isto pot opravi v krajšem času, hitrejši. Ob animaciji lahko vpeljemo pojem hitrosti.



V okviru animacije je težko določiti časovni interval, v katerem Arphy opravi pot 100 m, zato naj ga učitelj učencem posreduje. Iz gradiv za učence je razvidno, da je v izračunih na tabli uporabljen časovni interval 100 s. V tem časovnem intervalu Arphy opravi 100 m. Izračuni hitrosti v vsakem od intervalov kažejo, da je bila hitrost enaka, torej se je Arphy gibal enakomerno.

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{100\text{m} - 0\text{m}}{t_{100\text{m}} - t_{0\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s} - 0\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 v &= \frac{200\text{m} - 100\text{m}}{t_{200\text{m}} - t_{100\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{200\text{s} - 100\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 v &= \frac{300\text{m} - 200\text{m}}{t_{300\text{m}} - t_{200\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{300\text{s} - 200\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 v &= \frac{400\text{m} - 300\text{m}}{t_{400\text{m}} - t_{300\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{400\text{s} - 300\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 v &= \frac{500\text{m} - 400\text{m}}{t_{500\text{m}} - t_{400\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{500\text{s} - 400\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 v &= \frac{600\text{m} - 500\text{m}}{t_{600\text{m}} - t_{500\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{600\text{s} - 500\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Animacijo lahko uporabimo tudi za opredelitev povprečne hitrosti. Učenci naj ocenijo, koliko časa je Arphy hodil od doma do šole. Opredelijo naj tudi prepotovano pot. Izbrane podatke naj vnesejo v enačbo za povprečno hitrost in izračunajo vrednost ter zapišejo enoto.

Učence k razmisleku o pospešenem gibanju vodimo skozi pogovor. Vprašamo jih, kako bi se gibal Arphy, če bi v vsakem naslednjem časovnem intervalu opravil daljšo pot. Učenci tako pridejo do sklepa, da bi se Arphyjeva hitrost povečevala. Tako vpeljemo pospešeno gibanje. V primeru, da se hitrost enakomerno povečuje, t.j., da je razlika hitrosti v danem časovnem intervalu (= pospešek a je stalen), gre za enakomerno pospešeno gibanje. Za vpeljavo enakomerno pospešenega gibanja lahko uporabimo tudi naslednjo animacijo in jo kritično vrednotimo.



Grafične predstavitve gibanja

S primeri, ki so navedeni v poglavju, učenci utrjujejo znanje razumevanja grafov in izračunov količin, ki jih lahko določijo, ko usvojijo pomen ploščine pod grafom. Predhodno so navedene napačne predstave učencev, ki jih je prav na področju grafičnih predstavitev gibanja kar precej. S primeri, ki so zbrani v knjigi za učence, lahko učitelji dopolnjujejo osnovne primere in gradiva klasičnih osnovnošolskih učbenikov. Priporočeno je, da učitelji izberejo tiste primere za obravnavo, ki ustrezajo značilnostim učencev.

Literatura

Bajc, J. idr. (2011). Učni načrt, Fizika: osnovna šola. Ministrstvo za šolstvo in šport; Zavod RS za šolstvo.

Enderstein, L. G. in P. E. Spargo. (1996). Beliefs regarding Force and Motion: A Longitudinal and Cross-Cultural Study of South

African School Pupils. International Journal of Science Education, 18(4), 479–492.

Goldberg, F. M. in Anderson, J. H. (1989). Student difficulties with graphical representations of negative values of velocity. The Physics Teacher, 27, 254–260.

Halloun, I. A. in Hestenes, D. (1985). Common-sense concepts about motion. American Journal of Physics, 53, 1056–1065.

Hestenes, D., Wells, M. in Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30(3), 141–158.

Ioannides, C. in Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. Cognitive Science Quarterly 2(1), 5–62.

McCloskey, M. (1983). Naive Theories of Motion. V D. Gantier in A. L. Stevens (ur.), Mental Models (299–324). Lawrence Erlbaum Associates.

McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. in van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. American Journal of Physics, 55, 503–513.

Pérez-Lemonche, À., Stewart, J., Drury, B., Henderson, R., Shvonski, A. in Pritchard, D. E. (2019). Mining Students Pre-Instruction Beliefs for Improved Learning. Proceedings of the Sixth ACM Conference on Learning @ Scale, Chicago, IL, USA.

Suppapittayaporn, D., Emarat, N. in Arayathanitkul, K. (2010). The effectiveness of peer instruction and structured inquiry on conceptual understanding of force and motion: a case study from Thailand. Research in Science & Technological Education, 28(1), 63–79.

Trowbridge, D. E. in McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. American Journal of Physics, 48, 1020–1028.

Trowbridge, D. E. in McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49, 242–253.

Yakhoub, N., Hérold, J. F. in Chatoney, M. (2020). French teacher perceptions of student learning about force: a preliminary study. *Research in Science & Technological Education*, 1–24.





ARPHYMEDES

POGLAVJE 3

MEHANIKA: DINAMIKA



This document was funded by the European Union's Internal Security Fund — Police. The content of this document represents the views of the author only and is his/her sole responsibility. The European Commission does not accept any responsibility for use that may be made of the information it contains. Project n.: KA201-078391

Mehanika: Dinamika

Kaj je mehanika: dinamika?

Mehanika je veja fizike, ki opisuje gibanje ali mirovanje teles. Dinamika je podveja mehanike, ki opisuje gibanje teles pod vplivom sil in navorov. Pri tem igrata pomembno vlogo sistem opazovanja in koordinatni sistem. V tem poglavju učenci s pomočjo animacij identificirajo telesa v mirovanju in telesa v gibanju ter poglobijo svoje znanje pri obravnavanju Newtonovih zakonov.

Operativni učni cilji

Učenci:

- opredelijo pojma opazovano telo in okolica;
- s poskusi ugotovijo, da so sile vzrok za spremembo gibanja ali oblike telesa;
- sile poimenujejo po telesih, ki jih povzročajo;
- razlikujejo med silami, ki delujejo ob dotiku, in silami, ki delujejo na daljavo;
- usvojijo enoto za silo newton (N);
- ugotovijo, da enako velike sile na izbranem telesu povzročijo enake učinke;
- ugotovijo, ali so sile, ki delujejo na telo, v ravnovesju;
- razumejo, da telo miruje ali pa se giblje premo in enakomerno, če so sile na telo v ravnovesju;
- razumejo, da sili trenja in upora zavirata gibanje;
- opišejo silo trenja;
- ugotovijo, da telesa učinkujejo vzajemno;
- analizirajo primere in ločijo zakon o vzajemnem učinku od zakona o ravnovesju;
- spoznajo trke teles in vpliv mase in hitrosti teles na učinke trka (Bajc idr., 2011).

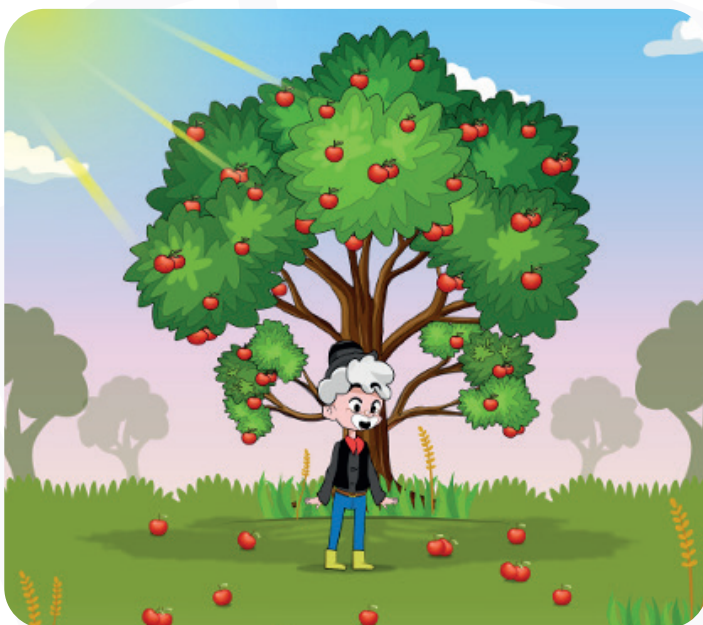
Pogoste napačne predstave učencev

V strokovnih in znanstvenih člankih zasledimo precej raziskav, ki odkrivajo in identificirajo napačne predstave učencev. V nadaljevanju so na kratko navedene napačne predstave učencev, ki jih lahko povežemo s tem poglavjem. V literaturi, ki je navedena, so navedene napačne predstave natančno predstavljene. V posameznih prispevkih si lahko preberemo še več podrobnosti in metod odkrivanja napačnih predstav.

Učenci

- verjamejo, da če je vsota vseh zunanjih sil enaka nič, telo vedno miruje;
- verjamejo, da je v primeru delovanja konstantne sile hitrost konstantna;
- verjamejo, da med padanjem teles ni sile, ki bi nanje delovala, saj »telesa vedno težijo k temu, da padajo«;
- verjamejo, da gravitacijo pridobijo telesa, ki padajo;
- verjamejo, da gibanje ni mogoče, če ni medija;
- napačno razumejo pojem sile;
- napačno razumejo tretji Newtonov zakon;
- verjamejo, da je sila lastnost predmeta in ne interakcija med predmeti;
- verjamejo, da če telo miruje, nanj ne deluje nobena sila.

Naslovnica poglavja



Naslovnico poglavja naj bi učenci povezali z Newtonom. Anekdota o padcu jabolka, ki je Isaaca Newtona vodilo do spoznanja in v natančnejši opis gibanja teles, je ena najbolj znanih znanstvenih anekdot. Newton naj bi na svojem domu gostil znanstvenika. Po kosilu naj bi se znanstvenika odpravila na vrt pod jablano in popila čaj. Iz globokih misli naj bi ga zbudil padec jabolka. Vprašal se je, zakaj jabolko vedno pade navpično

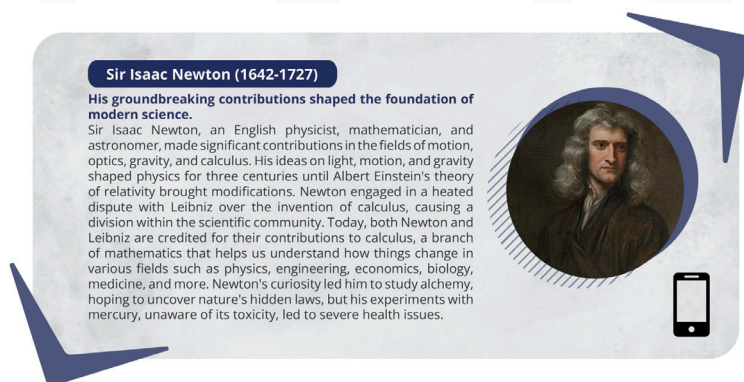
navzdol. Anekdota je deloma vključena tudi v prvo od animacij, ki si jo lahko ogledamo ob zajemu slike s portretom Isaaca Newtona.

Pomembni znanstveniki

V to poglavje so umeščene tri osebe, med katerimi je **Isaac Newton (1643–1727)**, eden od najbolj poznanih fizikov vseh časov. Ko so v uredništvu revije *Physics World* poslali vsem fizikom po svetu vprašanje o tem, katerih pet fizikov je najpomembneje prispevalo k fiziki, je izid pokazal, da je Isaac Newton zasedel drugo mesto po številu navedb, takoj za Albertom Einsteinom (Strnad, 2000).



Newtonov pogled na svet in skladnost njegovih razmišljanj in zapisov s pojavi v naravi, so bili izjemni. Deloval je na vseh vejah tedanje fizike, njegov največji prispevek k znanosti je prav na področju mehanike. Velja za prvega v zgodovini razvoja fizike, ki je postavil prvo v sebi skladno fizikalno teorijo, ki do neke mere velja še danes (Strnad, 2003). Z njegovimi zakoni se spozna tako rekoč vsa populacija, ki obiskuje osnovnošolsko izobraževanje. Zanimiva animacija, ki jo po zajemu spodnje slike lahko opazujemo, prikaže, da je Newton uvidel, da mora obstajati sila (gravitacijska sila), ki deluje med dvema telesoma. Uvidel je tudi, da gre za isto silo, ko govorimo o Osončju in ko opisujemo padanje jabolka proti tlom.



Poleg slavnega Newtona sta v gradivih za učence predstavljena še **Christiaan Huygens** (1629–1695) in **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646–1716). Huygensa je zanimala astronomija, zato je po lastni zamisli izdelal daljnogled in mikrometer za merjenje zelo majhnih kotov med zvezdami. Merjenju časa je posvetil veliko pozornosti, saj se je zavedal, da je v fiziki to izredno pomembno. Izdelal je patent za natančno uro. Ukvarjal se je tudi z obravnavo nihanja in nihal. Svoje izreke je zapisal na osnovi merjenj, ki jih je opravil. Pomembno delo je opravil na področju trkov, saj je prvi pojasnil prožne in popolnoma neprožne trke.

Leibniz je bil v sporu z Newtonom glede tega, kdo je bil prvi, ki je odkril infinitezimalni račun in kdo je plagiator. Kraljeva družba je oblikovala komisijo, ki je o tem odločala in razsodila v prid Newtonu. Spor se med pristaši ene in druge strani dolgo ni polegel. Danes pripisujemo, da sta delo opravila neodvisno drug od drugega (Strnad, 2003).

Vprašanja za vodenje pogovora in dela z učenci

- V gradivih za učence preberi zapise o življenju in delu Newtona, Huygensa in Leibniza.
- Katera je najbolj znana knjiga, ki jo je napisal Isaac Newton?
- Kaj je to plagiat?
- Kako se v znanstvenih krogih navaja vire in ideje drugih avtorjev?
- Pripravi kratek zapis o delu Newtona, Huygensa in Leibniza in se ustrezno skliči na vire (literaturo).
- Vzemi kepo mehkega plastelina in jo vrzi tako, da prileti na sredino vratnega krila, ko so vrata odprta. Kaj se zgodi z vrati in kepo? Kako pravimo takemu trku? Kaj lahko poveš o hitrosti vrat in kepe pred in po trku?
- Vzemi teniško žogico in jo vrzi tako, da prileti na sredino vratnega krila, ko so vrata odprta. Kaj se zgodi z vrati in teniško žogico? Kako se ta trk razlikuje od prejšnjega? Kaj lahko poveš o hitrosti vrat in žogice pred in po trku?
- V parih raziskujte trke med različnimi kroglicami (biljardno, penasto, gumijasto idr.). Spreminjajte začetne hitrosti, smeri trkov in opazujte, v katerih smereh se kroglice odbijejo in kje se ustavijo.

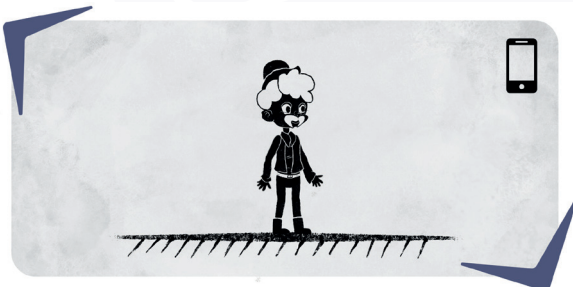
Animacije

Prvi dve animaciji služita temu, da učenci razmislijo, kako oseba občuti sile. Oba poskusa lahko učenci zelo preprosto ponovijo in razmislijo o občutkih in silah, ki delujejo nanje.

Predlogi za delo ob in po ogledu animacije:

- Natančno in v merilu nariši sile, ki delujejo na Arphyja. Arphyju pripiši kar tvojo težo. Bodi pozoren na prijemališča sil.
- Kakšna je vsota sil, ki delujejo na Arphyja?
- S katerim Newtonovim zakonom opišemo ta dva primera?

V obeh primerih naj učitelj preveri, kako so učenci narisali sile. Tako v prvem, kot v drugem primeru sta dve sili, ki uravnovešata težo; sili podlage na vsako od stopal na prvi in sili rok na drugi sliki.



Tretja in četrta animacija sta namenjeni razmisleku o silah, ki delujejo na Arphyja s strani druge osebe. Nekdo je deloval na Arphyja tako, da ga je potisnil v stran. V drugem primeru pa je nekdo Arphyja povlekel za roko.

Predlogi za delo ob in po ogledu animacije:

- *Opazuj animacijo in na sliko nariši sile, ki delujejo na Arphyja.*
- *Primerjaj silo podlage na stopalo v prejšnjih dveh primerih in v teh dveh primerih. Kaj opaziš? Zakaj je tako?*

Učenci lahko opazijo, da v teh dveh primerih Arphy stoji samo na eni nogi. Torej je sila podlage na eno stopalo 2x tolikšna kot v prejšnjih primerih, ko je Arphy stal na obeh nogah.

- *Kolikšna je rezultanta vseh sil v posameznem primeru?*
- *Zakaj se Arphy premakne oziroma pade?*
- *Kateri Newtonov zakon opisuje ta dva primera?*



Učenci naj si ogledajo še peto animacijo in svoje znanje strnejo ob prvem primeru. V primeru, ko se spremeni podlaga, po kateri se žoga kotali, je potrebno vpeljati pojem sile trenja in vpliva sile trenja na gibanje žoge. Zaključimo z ugotovitvijo, da se zaradi sile trenja med žogo in podlago žoga lahko kotali (sicer bi drsela). Obenem se prav zaradi trenja tudi ustavi. Pri tej zgodbi ne moremo zaobiti niti sile upora, ki žogo ustavlja v zraku in tudi med kotaljenjem, le da je njen vpliv precej manjši od vpliva trenja.



Ob naslednji animaciji učenci spoznavajo značilnosti trkov. Pogovorimo se o značilnostih prožnih in neprožnih trkov ter trkov, ki sodijo med delno prožne, kot je ta v prikazani animaciji. Gre za trk dveh različno velikih vozil.

Predlogi za delo ob in po ogledu animacije:

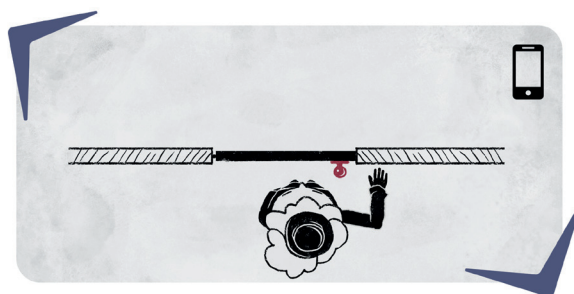
- *Podobno situacijo lahko učenci prikažejo z eksperimentom v razredu. Že pri razdelku o pomembnih znanstvenikih je bila nakazana ideja, naj učenci raziskujejo trke med različnimi krogli. Ob tej animaciji se zdi smiselno opazovati trk dveh različno velikih krogel iz enakega materiala in ga primerjati s trkom v animaciji. V eksperimentu se animaciji lahko dobro približajo, če uporabijo dve igrači - avtomobilčka. Učenci naj primerjajo izide poskusa z animacijo.*

Ugotovijo lahko, da v animaciji in tudi pri poskusu z igračkami, trk ni povsem prožen.

- *Učenci naj z igračkami ali krogli v nadaljevanju ugotavljajo še vplive hitrosti in mase na učinke trkov. Merijo lahko, kako daleč od mesta trka se vozila nahajajo po trku.*



Zadnja animacija v tem poglavju »odpira vrata« v tematiko sil in navora. Na preprostem praktičnem primeru lahko učenci ugotovijo, da je vrata težko potisniti ali povleči, če je ročica kratka. In obratno, kaj hitro lahko spoznajo, da je kljuka na rob vrat nameščena z razlogom, saj jih je najlažje odpreti/zapreti ob najdaljši ročici.



Ravnovesje sil in navorov običajno obravnavamo na primeru gugalnice ali vzvoda, ki ga omenjamo ob naslovnici poglavja »Delo, moč in energija«.

Literatura

Bajc, J. (2009). Učni načrt, Fizika: osnovna šola. Ministrstva šolstvo in šport; Zavod RS za šolstvo.

Brown, D. E. (1989). Students' Concept of Force: The Importance of Understanding Newton's Third Law. *Physics Education* 24(6), 353–358.

Elwan, A. (2007). Misconception in physics. *Journal of Arabization, the Arab Center for Arabization, Damascus*, 33, 77-103.

Enderstein, L. G. in P. E. Spargo. (1996). Beliefs regarding Force and Motion: A Longitudinal and Cross-Cultural Study of South African School Pupils. *International Journal of Science Education*, 18(4), 479–492.

Halloun, I.A. in Hestenes, D. (1985). Common-sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 1056–1065.

Hestenes, D., Wells, M. in Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30 (3), 141–158.

Ioannides, C. in Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quarterly* 2(1), 5-62.

Laue, M. von. (1983). Kratka zgodovina fizike. Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS.

McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. V. D. Gantier in A. L. Stevens (ur.), *Mental Models*, 299–324. Lawrence Erlbaum Associates.

Strnad, J. (2003). Razvoj fizike (The development of Physics), DZS.

Strnad, J. (1990). Zgodbe iz fizike (Stories from physics), Slovenska matica.

Strnad, J. (2000). Fiziki (Physicists), Modrijan.

Suppattayaporn, D., Emarat, N. in Arayathanitkul, K. (2010). The effectiveness of peer instruction and structured inquiry on conceptual understanding of force and motion: a case study from Thailand. *Research in Science & Technological Education*, 28(1), 63–79.

Yakhoub, N., Hérold, J. F. in Chatoney, M. (2020). French teacher perceptions of student learning about force: A preliminary study. Research in Science & Technological Education, 1–24.





ARPHYMEDES

POGLAVJE 4

TEKOČINE



This document was funded by the European Union's Internal Security Fund — Police. The content of this document represents the views of the author only and is his/her sole responsibility. The European Commission does not accept any responsibility for use that may be made of the information it contains. Project n.: KA201-078391

TEKOČINE

Kaj je mehanika tekočin

Tekočine delimo na kapljevine in pline. Tečejo pod vplivom tlačnih razlik. Pline hranimo v zaprtih posodah, ker zasedejo ves prostor, ki jim je na voljo. Plini so bolj stisljivi od kapljevin. Mehanika tekočin je posebna veja znanosti, ki opisuje lastnosti tekočin, ko le te mirujejo in odzive tekočin, ko nanje delujejo različne sile. Lastnosti tekočin v gibanju pa opisuje podveja znanosti, ki ji pravimo dinamika tekočin.

Operativni cilji

V poglavju »Tekočine« bodo učenci usvajali znanje o mehaniki tekočin, hidrostatici in hidrostatičnem tlaku. Spoznali in preučili bodo Arhimedov zakon ter ugotavljali, zakaj nekateri predmeti plavajo in nekateri potonejo. Učenci bodo spoznali fizikalne vsebine, ki vključujejo poznavanje in razumevanje pojmov, zakonov in principov. Spoznali bodo, da se je znanstveno pojmovanje pojavov v naravi razvijalo postopoma skozi zgodovinski razvoj znanosti. V tem poglavju je predstavljeno pomembno delo ključnih znanstvenikov, kot so Pascal, Pitagora, Arhimed, Toricelli. Učenci bodo pridobljeno znanje lahko uporabili pri reševanju problemov, kjer se pričakuje interpretacija podatkov, opis vsakdanjih pojavov in uporaba enačb v izračunih konkretnih vrednosti.

Učenci:

- razumejo, da tekočine tečejo;
- razumejo pojem stisljivost in ga prepoznajo v eksperimentih in primerih iz vsakdanjega življenja;
- razvijajo razumevanje pojma viskoznost in temperaturne odvisnosti viskoznosti ob eksperimentiranju z različnimi tekočinami;
- prepoznajo velik prispevek Blaisa Pascala k razvoju znanosti;
- razumejo Pascalov zakon;
- uporabijo enačbo za tlak in navajajo različne primere iz vsakdanjega življenja;
- navedejo, da je standardna enota za tlak pascal (N/m^2);
- razumejo delovanje hidravlične dvigalke in ga ponazorijo s poskusom z dvema različno velikima brizgama;
- uporabijo osnovno enačbo za tlak $\text{tlak} = \text{sila/površina}$ in delo $A = F \cdot s$ na primeru hidravlične dvigalke;
- spoznajo enačbo za hidrostatični tlak in vedo, kaj vpliva na hidrostatični tlak;
- povežejo enačbo za hidrostatični tlak z znanim Pascalovim poskusom s sodom in dolgo cevjo;
- razložijo hidrostatični paradoks;
- razumejo delovanje sifona in ga prepoznajo na primeru Pitagorejske čaše;

- primerjajo atmosferski in hidrostatični tlak;
- razumejo, da zračni tlak pada z naraščanjem višine nad površjem Zemlje;
- razumejo pojem tlačne razlike in ga povežejo z vsakdanjim življenjem;
- ubesedijo Arhimedov zakon ter ga uporabijo na konkretnem primeru;
- razložijo pojem vzgon in s poskusi raziščejo, kaj nanj vpliva.



Naslovnica poglavja

Naslovnico poglavja predstavlja glavni lik Arphy, ki sedi v kadi in ima na glavi krono.

Lik nakazuje slavno anekdoto o Arhimedu, ki naj bi med kopanjem v kadi dobil navdih, kako razrešiti uganko o kroni. Kralja je namreč zanimalo, ali je njegova krona zares iz zlata ali pa ga je morda zlatar prevaral in kroni dodal še katero drugo kovino.

Učence lahko ob pogovoru spodbudimo k razmisleku o Arhimedu in njegovih dosežkih. Spodaj je navedenih nekaj predlogov vprašanj, ki lahko služijo kot vodilo pogovora.

S katerim fizikom lahko povežemo sliko na naslovnici?

Kaj bi zapisali v oblaček z vprašajem?

Kdo je izrekel slavní vzklik »Heureka«?

Kaj naj bi po anekdoti Arhimed odkril med kopanjem?

Ste še slišali za vzgon in kako bi ga opisali?

Zakaj se voda prelije čez rob kadi, ko se Arphy uleže v polno kad vode?

Kako naj se v kadi namesti Arphy, da se iz kadi prelije največ vode?

Kaj si predstavljate pod naslovom Mehanika tekočin?

*Kaj je mehanika?
Kaj so tekočine?*

Pomembni znanstveniki

V uvodnem delu so predstavljene tri zgodovinske osebe, ki so pomembno prispevale k razumevanju mehanike in dinamike tekočin, to so: **Blaise Pascal**, **Arhimed** in **Daniel Bernoulli**.

Bi bil vrstni red navedenih oseb enak, če bi jih navajali kronološko? V kakšnem vrstnem redu bi jih uredili?

Kdo od njih je živel najdlje?

Na spletu poiščite znane osebnosti, ki so živele v enakem obdobju kot Pascal, Arhimed in Bernoulli.

Preberite kratke življenjepise in pripravite igro vlog, ki bo prikazovala življenje in delo znanstvenika. Dodatne zanimive informacije o obdobju, oblačilih, pripomočkih in še čem poiščite na spletu.

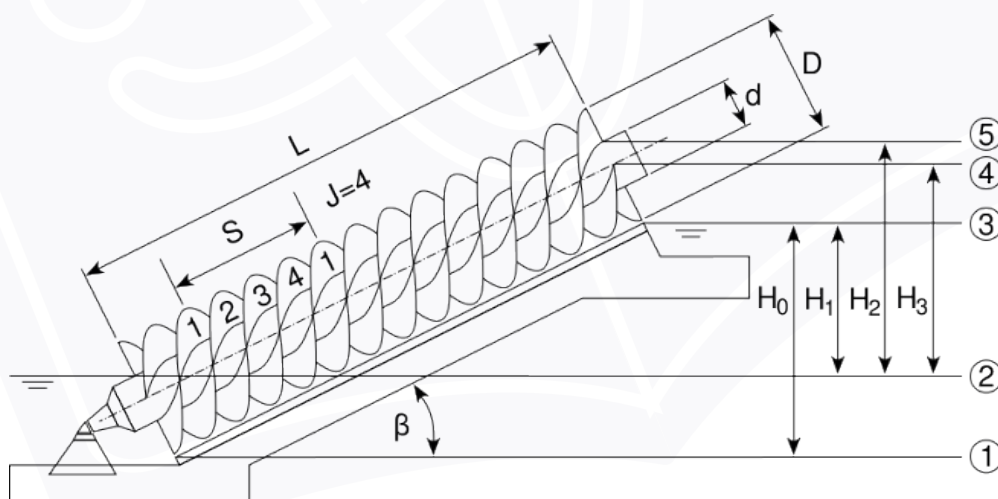
Kaj vse je še raziskoval Arhimed?

Arhimed (287-212 pr. n. št.) iz Sirakuz na Siciliji je povzel, uredil in razširil znanje statike v svojem času. Gre za zelo pomembnega matematika in fizika starega veka. Deloval je v Aleksandriji. O njem bomo govorili tudi v poglavju, kjer bomo obravnavali delo z orodji.

Arhimed je pri vzvodu izhajal iz izreka, da je simetričen in simetrično obremenjen vzvod v ravnovesju in da deluje v osi navpično navzgor sila, ki je enaka skupni teži vseh bremen. Nato je nesimetrično združil bremena na eni in na drugi strani in ustrezno prestavil njihovo pritrdišče. Uporabil je pojem težišča. Raziskovanje je Arhimeda spodbudilo, da je rekel: »Dajte mi trdno točko, pa bom dvignil Zemljo.« (Strnad, 2003). Poglavje »Delo, moč in energija« ima naslovnico poglavja, ki nakazuje prav to misel.

Že sama naslovnica poglavja vključuje krono, ki odpira zgodbo o kralju Hieronu, ki naj bi si dal izdelati zlato krono. Posumil je, da ga je zlatar prevaral. Arhimed je menda ugotovil, da je bil sum upravičen. Pripovedujejo, da je stehal krono in si pripravil kos zlata z enako težo in še kos srebra z enako težo. Nato je izmeril prostornino krone tako, da jo je potopil v zvrhano posodo z vodo in določil prostornino vode, ki je stekla iz posode. Prostornina vode, ki jo je izpodrinila krona, bi morala biti enaka prostornini vode, ki jo je izpodrinilo zlato, če bi bila krona iz čistega zlata. Toda izkazalo se je, da je bila prostornina krone večja kot prostornina zlata in manjša kot prostornina srebra. Zlatar naj bi zlatu dodal srebro. Arhimed je s tem vpeljal specifično prostornino in specifično težo in podal način, kako jo merimo.

Arhimed je izpeljal zakon o vzgonu. Arhimed ni poročal o napravah, ki jih je veliko zgradil. Po egiptovskem zgledu je izdelal vodni vijak za dviganje vode. Izdelal je naprave za metanje izstrelkov (grški ogenj) na osnovi vzvoda. Pridobil si je veliko zaupanje someščanov, ko je z vzvodi prestavil ladjo, čeprav prej nihče ni verjel, da je to mogoče (Strnad, 2003).



Arhimedov vijak so uporabljali za dviganje vode. Ob vrtenju vijaka, se voda preliva navzgor. (Vir: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archimedische_Schraube_komplett.svg)

Blaise Pascal (1623-1662) je prvi pojasnil, da se tlak prenaša po vsej kapljevini. Raziskal je, kako narašča tlak v mirujoči kapljevini z naraščajočo globino, in ugotovi, da je zveza linearna. Na osnovi izreka si je zamislil kapljevinsko stiskalnico.

Daniel Bernoulli (1700-1782) je bil utemeljitelj matematične fizike. Med drugim se je veliko ukvarjal z obnašanjem plinov in s tokom tekočin. Odkril je Bernoullijevo enačbo, ki velja v stacionarnem toku neviskozne in nestisljive tekočine ter povezuje dve točki na tokovnici. Opisuje zakon, ki pravi, da se z naraščanjem hitrosti tekočinskega toka v vodoravni smeri tlak zmanjšuje.

Eksperimenti

Učenci naj eksperimente izvedejo samostojno ali pa si jih ogledajo frontalno ob učiteljevem izvajanju. Sprožilci in spremljajoči posnetki oz. animacije naj služijo namesto opisa postopka izvedbe. Učenci naj si posnetek ogledajo, zapišejo pripomočke, ki jih bodo potrebovali, narišejo skico poskusa in nato poskus tudi (v kolikor pripomočki to dopuščajo) samostojno izvedejo (oz. ga izvede učitelj in ga učenci spremljajo). V praksi naj bi s tovrstnim delom prihranili nekaj časa s podajanjem navodil za izvedbo, pripravo delovnih listov ipd. Delo v razredu lahko organiziramo kot delo v skupinah, ki se menjujejo na postajah. Na vsaki postaji so pripomočki in slike »AR sprožilcev«. Učenci lahko opise, razlage, skice in vprašanja zapisujejo v učbenik. Druga možnost je, da to naredijo kar v zvezke. Zaželeno je, da učenec pri poskusu:

- zapiše naslov poskusa;
- nariše skico poskusa;
- navede pripomočke;
- zapiše opažanja;
- zapiše ugotovitve in rezultate;
- rezultate smiselno ovrednoti.

Spodnja tabela prikazuje seznam eksperimentov in animacij, kot so navedeni v tem poglavju. Učitelju je lahko v pomoč pri organizaciji dela, saj so poleg »sprožilca« posnetka eksperimenta zapisani še pripomočki za izvedbo eksperimenta.

Tabela: Seznam sprožilcev v poglavju »Tekočine in pripomočkov za izvedbo eksperimentov.

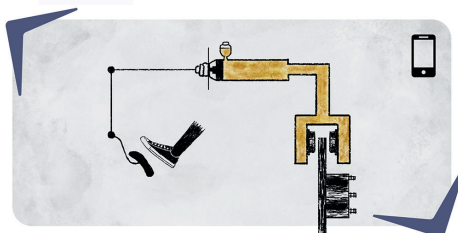
Kratek opis eksperimenta ali animacije	Slika/ »sprožilec«	Pripomočki
Eksperiment Pline lahko pretakamo.		Kozarci za vlaganje, sprej, vžigalice, karton.
Eksperiment Stisljivost zraka in vode.		Brizga napolnjena z zrakom / vodo.

Eksperiment
Pogasimo svečo z
ogljikovim dioksidom
(CO₂).

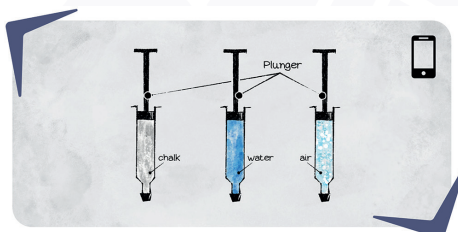


Prozorni kozarci,
šumeča tableta
(soda bikarbona),
kis, voda, vžigalice,
sveča.

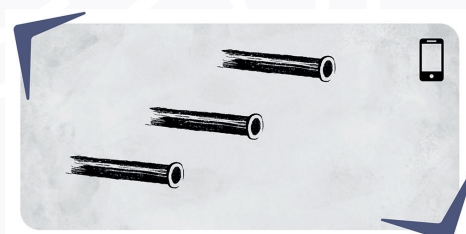
Animacija
Prikaz delovanja
avtomobilskih zavor.



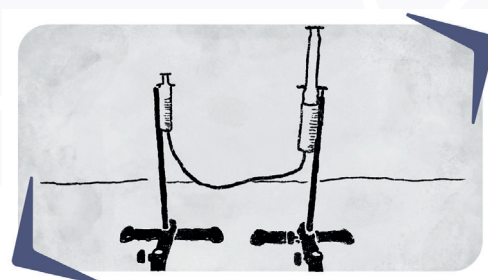
Animacija
Stisljivost krede,
vode in zraka.



Animacija
Viskoznost vode, olja
in meda.



Eksperiment
Primerjava sil, ki
delujejo na bata male
in velike brizge.



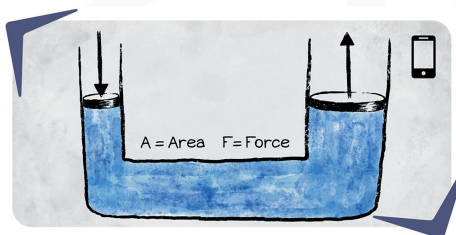
2 brizgi, delno
napolnjeni z vodo,
stojala, vezna cevka.

Eksperiment
»Pascalov ježek«
Sile delujejo pravokotno na površino. Izstopni curki so pravokotni na površino plastične bučke ali balona.

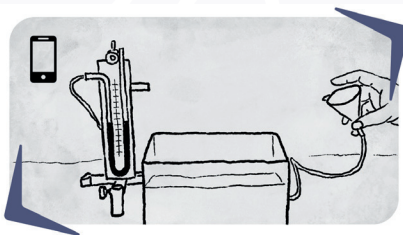


Naluknjana plastična bučka ali balon, velika brizga (lahko tudi vodna igrača za špricanje).

Animacija
Delovanje hidravlične dvigalke.

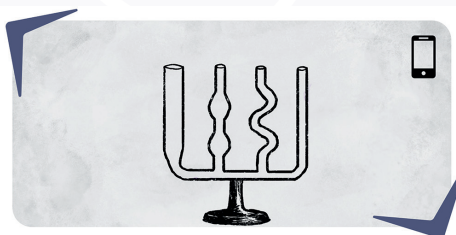


Eksperiment
Hidrostatični tlak je enak v vseh smereh na isti globini.

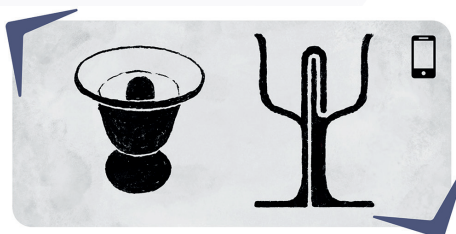


Manometer ali cevka v obliki črke U, obarvana voda, cev, lij.

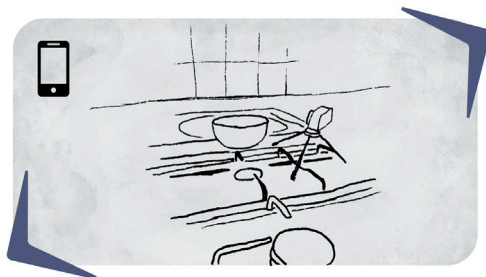
Animacija
Prikaz značilnosti veznih posod / cevk.



Animacija
Kako deluje Pitagorova čaša?



Eksperiment
Razlika med
zunanjim tlakom in
tlakom v pločevinki
stisne pločevinko



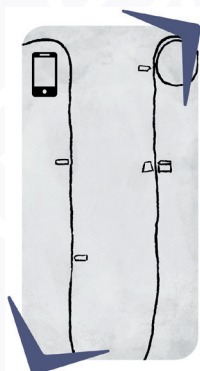
Prazna pločevnika,
hladna voda (z ledom),
klešče za držanje vroče
pločevinke, plinski
gorilnik, vžigalice.

Eksperiment
Določanje mase
zraka.



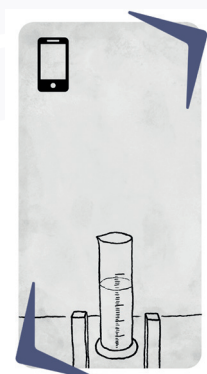
Plastična bučka
z nepovratnim
ventilom,
zračna tlačilka,
tehtnica.

Eksperiment
Spreminjanje
višine stolpca vode
s pihanjem ali
sesanjem.



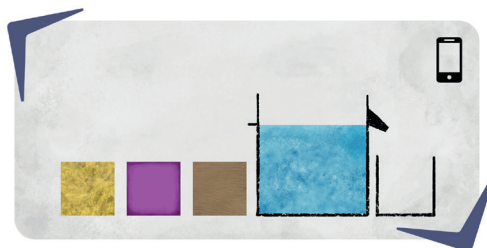
Dolga cev (več kot
2 metra), stojalo ali
plošča za pritrditev
cevi v obliki črke U.

Eksperiment
Vzgon ni odvisen od
gostote predmeta.

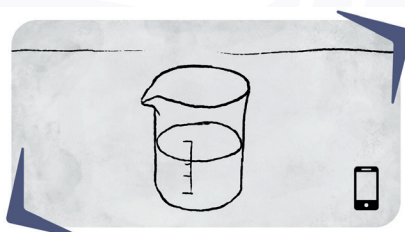


Merilni valj z vodo,
dva kvadra z enako
prostornino iz
različnih materialov
(različnih gostot).

Animacija
Arhimedov zakon:
Vzgon je enak
teži izpodrinjene
tekočine.

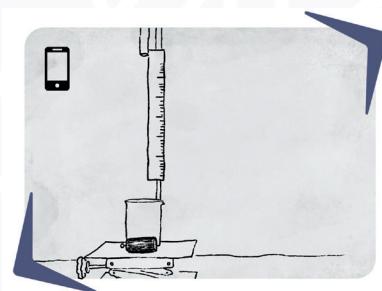


Eksperiment
Vzgon ni odvisen od
prostornine tekočine,
v katero predmet
potapljamo.



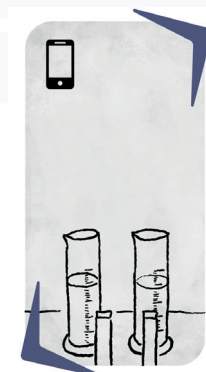
Čaša,
predmet
vzmetna tehtnica.

Eksperiment
Prikaz eksperimenta
z Arhimedovim
vedrcem.



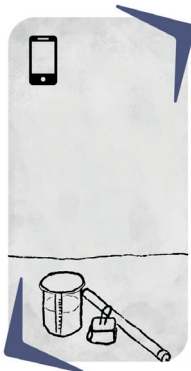
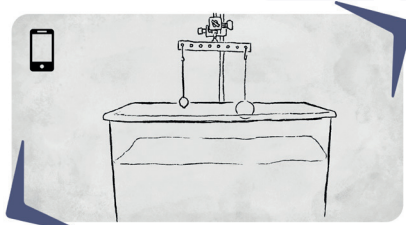
Arhimedovo vedrce

Eksperiment
Gostota tekočine, v
katero potapljamo
predmet, vpliva na
vzgon.



2 merilna valja,
slana voda, voda iz pipe,
2 enaka kvadra (enaka
prostornina) iz različnih
snovi (z različno
gostoto).

Za izvedbo
eksperimenta je dovolj
1 kvader. V posnetku
sta uporabljena dva,
pri čemer se z drugim
kvadrom eksperiment
zgolj ponovi.

Eksperiment Oblika predmeta ne vpliva na vzgon.		Kepa plastelina oblikovana v kocko in nato preoblikovana v kroglo, vzmetna tehcnica, merilni valj, voda. Uporabi naj se ista tekočina, v katero se potaplja ista snov z enako prostornino, a različno obliko (plastelin).
Eksperiment Prostornina potopljenega dela vpliva predmeta vpliva na vzgon. Masa predmeta ne vpliva na vzgon.		Krogli z enako maso, različno prostornino prečka stojalo, vrvica, večja posoda z vodo.

Učitelj lahko poljubno izbere izseke gradiva za delo pri pouku. V nadaljevanju so predstavljeni teoretični okviri, zamisli in predlogi izvedbe posameznega eksperimenta/animacije s komentarji.

Prvi sklop eksperimentov prikazuje lastnosti tekočin (tekočine tečejo, plini zasedejo ves prostor, ki jim je na voljo, tekočine oblikujejo gladino, stisljivosti kapljev in plinov se močno razlikujejo, viskoznosti tekočin so različne). Ob izvedbi eksperimentov, ki so navedeni pod prvim sklopom, učenci spoznajo, da lahko pline pretakamo. Opazijo lahko, da zavzamejo celoten prostor in da so nekateri tudi gorljivi.

1. Sklop eksperimentov: Pline lahko pretakamo in stiskamo

Pline uvrščamo med tekočine. Pretakanje plinov je mogoče prikazati z več različnimi poskusi. Zagotovo je najbolj poznan poskus gašenja sveče z ogljikovim dioksidom (CO_2). V kozarec nalijemo malo vode in dodamo šumečo tableto. Kozarec lahko pokrijemo, a poskus uspe tudi, če ga ne. Ob raztapljanju šumeče tablete se sprošča plin CO_2 , ki ima gostoto večjo od gostote zraka, zato CO_2 ostane v kozarcu. Če kozarec previdno nagnemo, plin prelijemo v drugi kozarec. Iz drugega kozarca CO_2 ponovno prelijemo na gorečo svečo, ki ugasne. Svečo ponovno prižgemo in prelijemo vsebino 3. kozarca na svečo.

* Poskus na enak način izvedemo, če namesto vode uporabimo kis, namesto šumeče tablete pa sodo bikarbono. Druga možnost je voda in mešanica sode bikarbone in citrone.

Ugotovitve:

Z učenci se pogovorimo in strnemo ugotovitve. Ponudimo jim lahko nekaj vodilnih vprašanj.

Pri raztapljanju šumeče tablete nastaja plin ogljikov dioksid. Kako veš, da si nastali ogljikov dioksid pretočil iz prvega v drugi kozarec?

Kaj se je zgodilo, ko si ogljikov dioksid pretočil iz drugega kozarca na gorečo svečo?

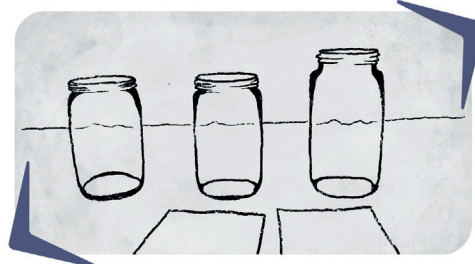
Zakaj je sveča ugasnila?

Kaj lahko poveš o gostoti ogljikovega dioksida v primerjavi z gostoto zraka?

Kako bi lahko pokazal, da si ogljikov dioksid pretočil v 2. kozarec?

Kaj se je zgodilo, ko si preli vsebino 3. kozarca na svečo?

V gradivih za učence je na to temo prikazan poskus, kjer gorljiv plin iz embalaže, ki je pod tlakom (sprej), napršimo v prvi kozarec. Ko plin pretočimo iz prvega kozarca v preostala dva kozarca, lahko z gorečo vžigalico preverimo, da se plin po pretakanju nahaja tudi v preostalih dveh kozarcih.



Priporočila za učitelja:

Poskus lahko izvedemo v razredu, a je potrebno poskrbeti za varnost, saj gre za gorljivi plin. Pomembno je, da se plina ne vdihava in da se ga v prvi kozarec ne naprši preveč. Pri izvedbi si nadenemo zaščitna očala in usnjene zaščitne rokavice.

Delo bo najbolj nadzorovano, če se ga izvede frontalno. O izidu poskusa in ugotovitvah se z učenci pogovorimo. Pomembno je, da učence spodbudimo k razmisleku o:

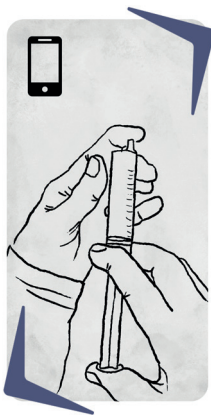
- indikatorjih za prisotnost plina v kozarcu;
- posledicah prisotnosti tega plina v majhnem zaprtem prostoru;
- nevarnostih pri delu z gorljivimi snovmi.

Ob poskusu naj utemeljijo trditev, da se plini pretakajo.

Razmislijo naj o posledicah pretakanja nevarnih, gorljivih plinov v vsakdanjem življenju. Navežemo se lahko na uhajanje gorljivega gospodinjskega plina in spodbudimo učence, da na spletu poiščejo nasvete za varno uporabo zemeljskega plina.



Vir: <https://www.hippopx.com/en/gas-flames-stove-burner-fire-blue-light-69135>



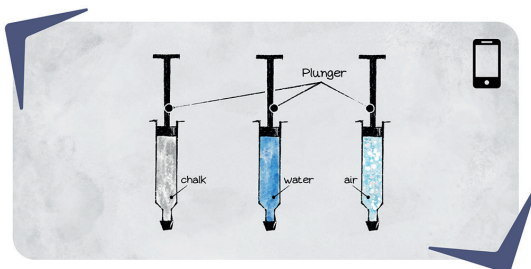
Stisljivost je lastnost, ki jo učenci ob poskusu z brizgo preizkusijo. Namen poskusa z brizgo, je, da učenci opazijo razliko med stisljivostjo vode in zraka. Vprašanje v gradivih za učence nakazuje možnost, da tudi pri vodi učenci opazijo, da so bat brizge delno uspeli potisniti. Učiteljeva vloga (naloge) je, da pojasni učencem razloge. Voda velja za nestisljivo tekočino, česar poskus morda ne pokaže očitno. Potrebno je natančno opazovanje vsebine, ki je v brizgi. V primeru, da je bil prisoten mehurček zraka, so učenci uspeli stisniti zrak (mehurček), vode pa ne.

Izziv za učence: Kako napolniti brizgo z vodo, da v njej zagotovo ne bo zraka?

Sprožilna slika kaže, da naj bi bil položaj brizge po polnjenju navpičen. V tem položaju mehurček priplava na vrhnji, iztočni del brizge. Ob rahlem pritisku bata, mehurček iztisnemo iz brizge in poskrbimo, da je zares napolnjena samo z vodo.

Zanimivost: učenci podobno ravnanje lahko opazijo pri zdravniku. Pred injiciranjem (cepljenjem) zdravnik v navpičnem položaju brizge iztisne zrak in opazimo lahko curek tekočine. To je dokaz, da zraka v brizgi ni več.

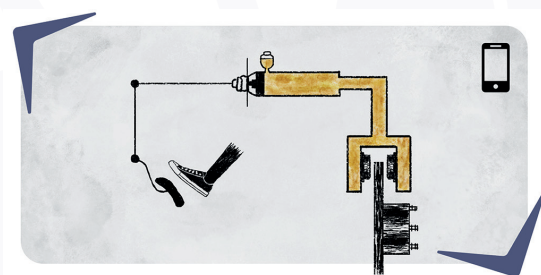
V naslednji animaciji učenci primerjajo stisljivosti trdnine, kapljevine in plina.



Poskus vključuje brizge, napolnjene s trdno snovjo, tekočino in plinom. Učenci v animaciji opazijo, da so trdne snovi nestisljive, tekočine težko stisljive in plini stisljivi. Pri poskusu z vodo vidimo, da bata brizge ni mogoče pritisniti. Če lahko brizgo, napolnjeno z vodo, nekoliko stisnemo, je to posledica majhne

količine zraka, ki pride v brizgo, ko jo polnimo z vodo.

Z učenci se pogovorimo o primerih iz vsakdanjega življenja. Pri transportu trdnih, tekočih in plinastih snovi, lahko kaj hitro ugotovimo, da je stisljivost plinov zelo priročna. Pri skladiščenju in transportu pline namreč stisnejo v jeklenke. Primer so spoznali že pri prvem poskusu (spreji, jeklenka zemeljskega plina).



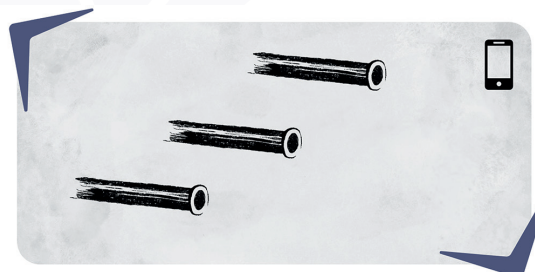
V animaciji lahko učenci dobijo vpogled v delovanje zavornega sistema, kjer sta prisotni dve tekočini, natančneje plin in kapljevina, ki imata različni stisljivosti.

Učenci naj si ogledajo animacijo in preberejo razlago. V primeru nerazumevanja naj se obrnejo na

učitelja, ki ga ponovno usmeri v razmislek o stisljivosti vode in zraka v brizgi.

Viskoznost je poleg stisljivosti lastnost, ki jo učenci lahko določijo. Na osnovi izkušenj vedo, da nekatere tekočine »lažje tečejo« od drugih. Pri viskoznosti je vredno omeniti, da jo pogosto učenci povezujejo z gostoto. Učiteljeva naloga je, da jasno razmeji oba pojma.

Učenci naj si ogledajo animacijo iztekanja tekočin, kjer jim učitelj pojasni, da se tekočine, ki imajo majhno viskoznost, lažje pretakajo.



Napisi na animaciji so v angleškem jeziku, kar lahko izkoristimo za učenje strokovnih izrazov. Učitelj se lahko odloči za izdelavo **slovarja pojmov**, ki ga učenci ob izvedbi dejavnosti dopolnjujejo. Tako širijo možnosti za iskanje informacij na spletu tudi v tujem jeziku.

Pri spoznavanju lastnosti tekočin je pomembno, da učenci poleg animacije še eksperimentirajo. V gradivu za učence je naveden primer, ko na velikost viskoznosti sklepamo iz tega, kako hitro padajo kroglice v različnih kapljevinah. Čim hitreje kroglice padajo, tem manjša je viskoznost kapljevine.

Merilne valje napolnimo do enake višine z vodo, oljem in glicerinom. Merimo čas padanja steklenih kroglic od gladine do dna merilnih valjev. Ko primerjamo čase padanja kroglic v vodi, olju in glicerinu, opazimo, da čas padanja kroglice v vodi komaj izmerimo, saj kroglica tako hitro pada. Pri glicerinu pa lahko meritev izvedemo precej enostavno. Meritve lahko zberemo v tabeli. Čim manjša je viskoznost tekočine, tem krajši je čas padanja kroglice. Seveda to velja le, če izvedemo pošten poskus.

Viskoznost povežemo z vsakdanjimi primeri, kot je npr. med. Pravi, naravni med kristalizira in takrat ga z žlico zelo težko zajamemo. Težavo lahko rešimo tako, da kozarec medu postavimo v kopel z vročo vodo. Kmalu opazimo, da postane bolj tekoč.

Vir: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Honey-PNG-Image-83961.png>



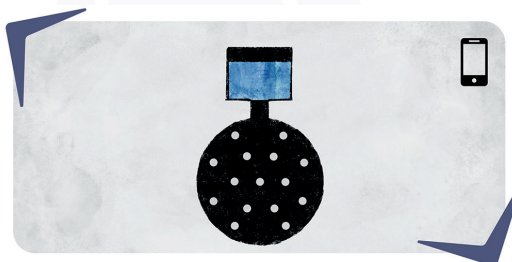
Viskoznost je odvisna od temperature. To lahko pokažemo tudi z eksperimentom. Uporabimo enake pripomočke in postavitev kot prej, le da vse izbrane kapljevine segrejemo in izmerimo njihovo temperaturo. Opazili bomo, da je izmerjeni čas padanja kroglic v vseh treh primerih tekočin krajši, če imajo kapljevine višjo temperaturo. Rezultati bodo bolj zanesljivi, če izmerke v posamezni kapljevini pri določeni temperaturi opravimo večkrat (npr. 3x) in izračunamo povprečni čas padanja.

2. Sklop eksperimentov: Hidrostatika – Pascalov zakon

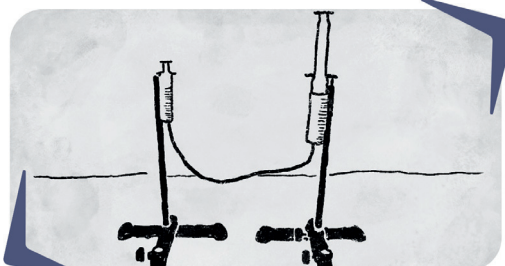
S spremembo tlaka v tekočini se spremenijo tudi sile, ki delujejo pravokotno na stene posode. Delovanje zunanje sile na steno posode s tekočino povzroči povečanje tlaka v tekočini, ki se enakomerno prenaša po vsej tekočini. To lahko pokažemo z napihovanjem balona, saj opazimo enakomerno napihovanje v vse smeri.

Blaise Pascal je zapisal zakon, ki pravi, da se sprememba tlaka na katerikoli točki v zaprti nestisljivi tekočini prenaša po celotni tekočini, tako da se enaka sprememba zgodi povsod.

Pascalov zakon prikažemo s poskusom, kjer naluknjano bučko ali balon namestimo na konec polne brizge vode. Ko brizgo stisnemo, iz naluknjane bučke izstopajo curki vode. Curki vode so pravokotni na površino in so usmerjeni v vse smeri.



Učenci naj si posnetek ogledajo, nato pa na spletu poiščejo posnetke ali animacije, ki prikazujejo isti pojav. Poiščejo naj takšnega, ki je bolj nazoren, kot ogledani posnetek. V primeru, da ga ne najdejo, učencem ponudite animacijo, ki se skriva za sprožilcem na sliki.



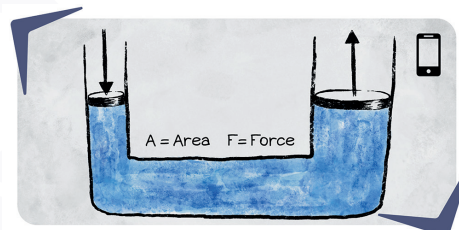
Spoznano uporabimo na znanem primeru dveh brizg. Brizgi se razlikujeta po premeru. Povezani sta s cevko in sta delno napolnjeni z vodo. Pri izvedbi poskusa, ki ga predstavlja posnetek, je pomembno, da vsak učenec samostojno poskusi spreminjati pritiskanje bata na eni od brizg in ob

tem začuti učinek na drugi brizgi. Lastni občutki pri tem poskusu so izredno pomembni preden priredimo v tekmovanje, kot je predlagano v gradivu za učence.

Značilnosti tlaka v tekočinah s pridom izkoriščajo pri hidravličnih in pnevmatskih napravah. Primer je hidravlična dvigalka, ki jo sestavljata dva bata različnih premerov.

Tlak v splošnem (ki je razmerje med silo in površino) nazorno prikažemo s primeri iz vsakdanjega življenja. Pri trenju dveh orehov, ki ju stiskamo v pesti, je mogoče lupino streti prav zato, ker je sila velika, stična površina pa majhna. V tem primeru je tlak velik. Pri primeru, ko oseba obuje čevlje z visoko peto, je tlak na stiku čevlja s tlemi precej večji, kot v primeru, ko ima obut čevelj z ravnim podplatom. To znanje je ključno za razumevanje razmerij med silami in površino v primeru hidravlične dvigalke.

Bata sta povezana s cevjo, napolnjeno s tekočino. S pritiskom na manjši bat se poveča tlak pod njim in se prenese na celotno tekočino. Tako tudi na drugi bat deluje enak tlak in posledično je sila večja. Sila narašča sorazmerno s presekom batov.



Učenci lahko razvijajo razumevanje zgornjih pojavov z animacijo in različnimi miselnimi eksperimenti iz vsakdanjega življenja.

3. Sklop eksperimentov: Hidrostatični tlak

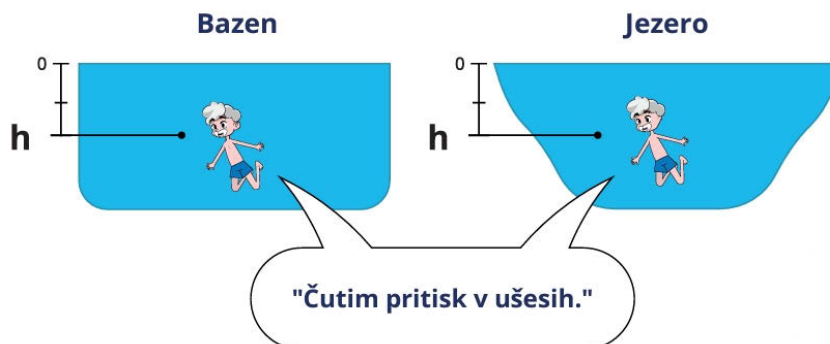
V literaturi zasledimo kar nekaj napačnih predstav povezanih s tlakom in hidrostatičnim tlakom, ki so zbrane in navedene spodaj.

Napačne predstave:

- hidrostatični tlak je v obratnem sorazmerju s presekom cevi;
- hidrostatični tlak je večji, čim manjši je presek cevi;
- v veznih posodah se kapljevina razporedi tako, da je prostornina kapljevine enaka v obeh povezanih posodah, ne glede na višini gladin;
- največji hidrostatični tlak je tam, kjer je gladina najvišja;
- najvišji hidrostatični tlak je tam, kjer je najmanjši presek cevi;
- na tlak v tekočini na določeni globini vpliva samo višina kapljevine nad to točko;
- hidrostatični tlak deluje samo na dno posode;
- hidrostatični tlak je v celotni prostornini kapljevine enak.

Pri snovanju aktivnosti o hidrostatičnem tlaku je pomembno, da si učitelj prebere napačne predstave in jih skuša med delom tudi identificirati. V nadaljevanju je nekaj predlogov za eksperimentalno delo in razlag, ki so pri premoščanju napačnih predstav lahko koristne.

Hidrostatični tlak je tlak v tekočinah, ki je posledica teže tekočine. V knjigi za učence je naveden primer hidrostatičnega tlaka, ki deluje na Arphyja v bazenu in v jezeru.



Arphy se v obeh primerih nahaja na enaki globini. Za določitev hidrostatičnega tlaka na določeni globini, moramo upoštevati gostoto tekočine, globina, na kateri se nahaja Arphy in (zunanji zračni tlak na gladini vode). Zunanji zračni tlak smo zapisali v oklepaj, saj je prepuščeno učitelju, ali ga uvede na tem mestu ali pa ga uvede kasneje in se po obravnavi vrne na ta primer. Vsekakor je pomembno, da se učitelj na neki točki z učenci pogovori o zračnem tlaku in njegovih številskih vrednostih ter njegovem vplivu na tlak, ki deluje na potopljene objekte.

Učenci bi morali do te točke prepoznati vodo in zrak kot tekočini. Kar pomeni, da je zračni tlak tudi hidrostatični tlak. Enačba, ki jo je treba upoštevati pri izračunu hidrostatičnega tlaka, je zapisana v gradivih za učence (na tabli). Enačbo hidrostatičnega tlaka je mogoče razložiti, kot je predlagano v nadaljevanju.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh$$

Tekočino v posodi si lahko predstavljamo, kot da je sestavljena iz plasti snovi, ter ima vsaka od njih določeno težo. Tlak, ki ga povzroči posamezna plast tekočine, je odvisen od sile tekočine (F) in površine (S), na katero deluje.

Tlak, ki ga povzroči ena plast tekočine, lahko zapišemo kot $p = F/S$. Sila je enaka teži tekočine in zapišemo: $F = mg = \sigma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Ob predpostavki, da je prostornina $V = S \cdot h$, lahko tlak, ki ga povzroča plast tekočine, zapišemo kot:

$p = F/S = \sigma \cdot S \cdot h/S$, $p = \sigma \cdot h$ ali $p = \rho \cdot g \cdot h$. Enačba je zapisana s specifično težo, ki jo je potrebno uporabiti, če učencem še ni bil predstavljen gravitacijski pospešek g .

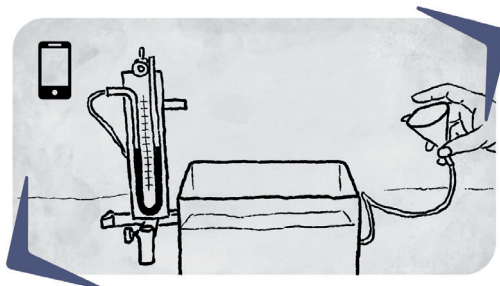
Razvidno je, da hidrostatični tlak narašča sorazmerno z globino. Pri določanju dejanskega tlaka v kapljevini pa moramo upoštevati tudi tlak, ki deluje na gladino. Na tlak v kapljevinah, ki se nahajajo v odprtih posodah, vpliva tudi zračni tlak. V odprtih posodah je to atmosferski tlak, označen s p_0 . Hidrostatični tlak v tem primeru zapišemo kot: $p = p_0 + \sigma \cdot h$.

Poglejmo primer, ko se Arphy potaplja v jezeru in v bazenu. Povemo lahko, da je tlak na njegova bobniča v ušesu enak. To velja le, če je gostota vode v obeh primerih enaka in se Arphy nahaja na isti globini. Če predpostavimo, da je tudi zračni tlak, ki deluje na gladino v obeh primerih enak, je sklep pravilen. Primer je lahko izhodišče za pogovor. Z učenci se pogovorimo ob naslednjih vodilnih vprašanjih.

Ali lahko primerjate zračni tlak ob morju z zračnim tlakom na vrhu gore? Utemeljite. Na spletu poiščite informacije o trenutnem zračnem tlaku v različnih krajih v vaši državi. Ali podatki, ki ste jih pridobili, sovpadajo z odgovorom na prvo vprašanje? Kaj pa, če bi bilo jezero v gorah, bazen pa na morju? Bi bil tlak na Arphyjeve bobniče enak? Ali bi se tlak na bobnič bistveno spremenil, če bi Arphy obrnil/sklonil glavo? Utemeljite.

O odgovoru na zadnje vprašanje lahko razpravljamo v naslednjem poskusu. Uporabimo manometer, katerega povežemo s plastično cevko z lijem. Na lij je nameščena prožna opna. Uporabimo lahko kar opno balona. Ko lij potopimo v vodo, opazimo, da stolpca obarvane tekočine v manometru nista več poravnana. Globlje kot potopimo lij, večja je razlika med stolpcema. Tako lahko sklepamo, da je tudi tlak v vodi višji na večji globini. Obenem lahko poudarimo še dejstvo, da ko je Arphy potopljen v vodo, se tlak pri določeni spremembi višine spremeni bolj kot pri enaki spremembi višine v zraku. To ljudje občutimo v obliki spremembe tlaka v ušesih. Ko se dvigamo v zraku, se je potrebno dvigniti precej več, da začutimo nelagodje, v primerjavi s potapljanjem, ko nelagodje v ušesih začutimo že pri potopu v manjšo globino.

Drugi pomembni prikaz s to napravo je, da je na določeni globini hidrostatični tlak enak, ne glede na smer. Učenci lahko sami poskusijo ali opazujejo demonstracijski poskus. Na izbrani globini sukamo lij tako, da se opna nahaja na isti globini, spreminja pa se njena smer v prostoru. Opazimo, da se razlika med

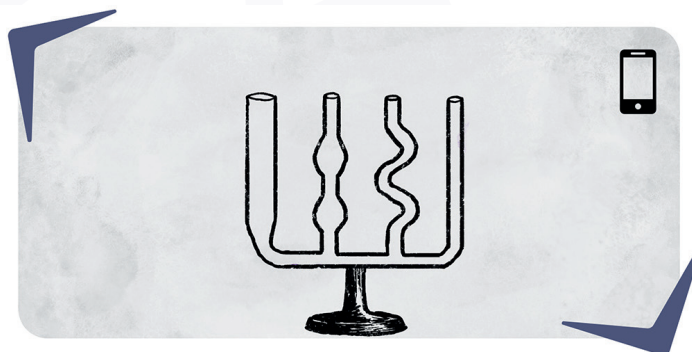


stolpcema manometra ne spreminja. Iz tega sklepamo, da se tudi tlak na opno ni spremenil, ne glede na njegovo smer v vodi.

S hidrostatičnim tlakom je povezana tudi anekdota, da je leta 1646 Blaise Pascal z dolgo cevjo razbil velik sod. Cevje bila postavljena navpično. Vanjo je dolival vodo. Ko je višina vode v cevi naraščala, je tlak v sodu tudi naraščal. Pri določeni višini vode v cevi je sod popustil in se raztreščil, ker je bil tlak v njem prevelik.

Na spodnji animaciji lahko opazujemo nivo tekočine v posodah različnih oblik.

Vidimo, da nivo vode v vseh povezanih steklenih cevah različnih oblik ostaja enak. Tlak v določeni tekočini je na isti globini vedno enak in ni odvisen od oblike posode, v kateri je tekočina. V animaciji opazimo, da je tekočina v vseh delih takšne vezne posode razporejena tako, da so vse gladine vodoravne in



segajo do istega nivoja, čeprav so si prostornine vode v posamezni različne. Ko vezno posodo nagibamo, opazimo, da so gladine ves čas vodoravne. To dejstvo je znano kot hidrostatični paradoks.

Iz razlage postane jasno, zakaj je v Pascalovem poskusu mogoče razbiti sod z majhno količino vode, če uporabimo dolgo tanko navpično cev.

Vezne posode se lahko uporablja za določanje iste višine, ko je med dvema določevalnima mestoma velika razdalja. Najpogosteje se ta princip uporablja v gradbeništvu. V preteklosti so zidarji uporabljali princip veznih posod v napravi imenovani »cevna libela«. Raven vode v tanki prozorni plastični cevi je enaka na obeh koncih plastične cevi.

Učenci lahko demonstrirajo, kako zidarji prenašajo višine z ene stene na drugo z dolgo cevjo, napolnjeno z vodo. Za izvedbo potrebujejo dolgo prozorno cev, ki jo napolnijo z vodo. Na vsakem koncu naj voda ne seže do vrha. En konec cevi drži en učenec, drugi konec pa drugi učenec. Višini gladin vode v obeh koncih cevi sta enaki. Učenci lahko višino gladine prilagajajo predmetom na steni in drugi učenec na drugi steni označi višino gladine. S tem je prenesel isti nivo na drugo steno. Obe oznaki sta tako na isti ravnini, ki je vodoravna. Tako lahko učenci kot izziv preverijo, ali je strop vodoraven, ali so tla vodoravna ipd.

Pri obravnavani tematiki lahko omenimo ali popestrimo vsebino s prikazom Pitagorove čaše (Pitagorejske skodelice), ki jo v preprosti verziji lahko izdelamo sami. Bolj dovršeno izdelane pogosto najdemo v trgovinah s spominki. Najpomembnejši sestavni del te čaše je sifon. Sifon je ukrivljena cev, ki se jo v različnih izvedbah najde tako doma kot v naravi. V vsaki hiši je cela paleta sifonov - odtočne cevi pri umivalniku, bideju, kopalni kadi, prhi itd. Sifoni po svoji obliki omogočajo zadrževanje vode v odtočnem sistemu, tako da se smrad iz kanalizacije ne razširja po odtočnih ceveh nazaj v hišo.



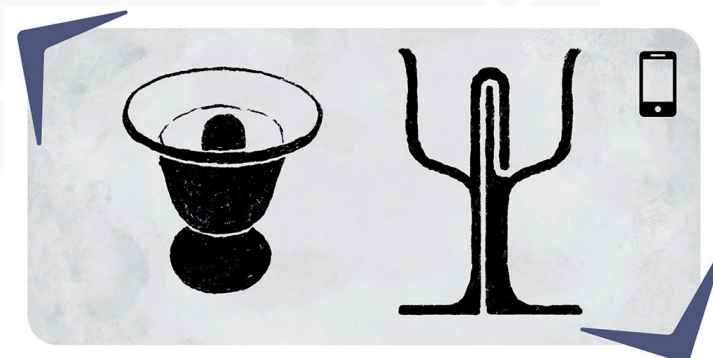
Vir: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sifonas_2.png

Sifone v naravi najdemo v podzemnih rovih in jamah.

Učenci naj iščejo po spletu in najdejo primere sifonov v naravi.

Učenci naj doma poiščejo sifone, ki so dostopni in jih fotografirajo ter ob fotografiji razložijo, v katerem delu se nahaja voda.

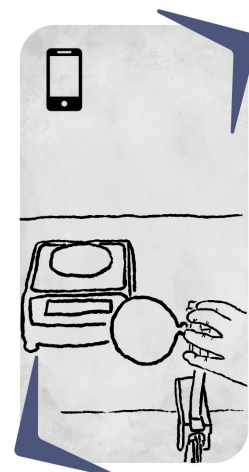
Znana pravična skodelica (Pitagorejska skodelica) je posebna vrsta sifona, kjer se izteče vsa tekočina, če nivo tekočine preseže zgornji nivo sifona.



Ob animaciji naj učenci pojasnijo, kje se nahaja sifon in kako Pitagorejska skodelica deluje.

Iz odpadne embalaže naj učenci izdelajo svojo Pitagorejsko skodelico. Uporabijo lahko plastenke, slamice ipd.

Vrnimo se k zračnemu tlaku. Že pri vpeljavi enačbe za hidrostatični tlak smo omenili, da se tlak z globino spreminja. Zračni tlak je posledica teže zraka. Ali lahko izmerimo maso zraka? V videu za sprožilcem si oglejte, kako je mogoče izmeriti maso zraka.

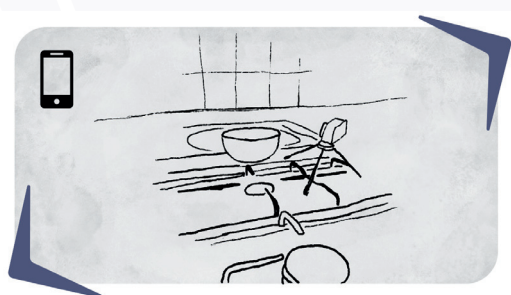


O zračnem tlaku smo nekaj že povedali pri vpeljavi enačbe za hidrostatični tlak. V knjigi za učence učenci preberejo besedilo o razlikah v zračnem tlaku na vrhu in ob vznožju gore. Človeško telo zazna le razlike v tlaku, na primer pri vzponu v gore z dvigalom in v drugih primerih hitre spremembe višine.

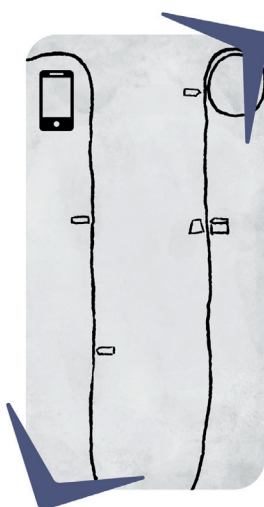


V oblaku Arphy zastavi vprašanje, na katerega učenci ob razumevanju odvisnosti zračnega tlaka od nadmorske višine povsem samostojno odgovorijo.

O sami velikosti zračnega tlaka pa še nismo govorili prav veliko. Iz zapisa v gradivu si lahko ustvarimo občutek o silah, ki delujejo na naše telo v zraku, ter o velikosti zračnega tlaka.



Zračni tlak lahko stisne tudi pločevinko. Skozi poskus naj bi učenci spoznali, da imajo tlačne razlike pomembno vlogo v vsakdanjem življenju. Ko ustvarimo veliko razliko v tlaku znotraj in zunaj pločevinke, tako da je zunanji tlak večji od notranjega, se pločevinka deformira in stisne. Zunanji zračni tlak je stisnil stene pločevinke.



Tlačne razlike določamo z manometri.

Najenostavnejši manometer je tekočinski. Sestavljen je iz cevi v obliki črke U, napolnjene z vodo. Višinska razlika glavin vode v levem in desnem kraku cevi (Δh) kaže razliko tlaka Δp . Primer tekočinskega manometra je predstavljen tudi v poskusu za sprožilcem na levi sliki.

Kolikšna je razlika v tlaku, če je razlika v višinah stolpcev vode na levi in desni strani manometra 10 cm?

Naredite si manometer iz dolge prozorne cevi. Ugotovite, kolikšno razliko v tlaku lahko posameznik doseže s pihanjem v cev.

4. Sklop eksperimentov: Arhimedov zakon

Arhimedovo delo predstavlja pomemben mejnik v razvoju znanosti. Arhimedov zakon je razložen skozi vrsto dejavnosti, ki učencem omogočajo razumevanje koncepta plovnosti in z njim povezanega vzgona.

Učni cilji

V sklopu eksperimentalnega dela učenci:

- izmerijo prostornino izpodrinjene tekočine pri potapljanju predmetov z enako obliko in prostornino, a z različno gostoto, večjo od gostote tekočine --> $V_{\text{izpod. tek}} = V_{\text{predmeta}}$
- določajo težo predmeta v zraku (F_g) in v tekočini (vodi) ($F_{V \text{ vodi}}$).
--> $F_{V \text{ vodi}} < F_g$ --> $F_{\text{vzgon}} = F_g - F_{V \text{ vodi}}$
- določijo vzgon z Arhimedovim vedercem
--> $F_{\text{vzgon}} = F_{g \text{ izpod. tek}}$

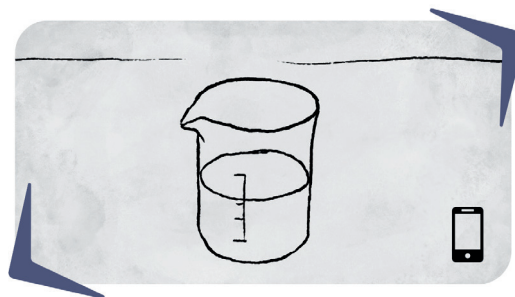
V povezavi z vzgonom in plovnostjo se pojavljajo številne **napačne predstave**. Naj jih navedemo nekaj:

- večja kot je teža predmeta, bolje ta predmet tone;
- bolj viskozna tekočina povzroči, da predmet bolje plava;
- manjši kot je predmet, tem bolje plava;
- tanek ploščat predmet plava;
- tlak je na dnu čaše, jezera, bazena enak kot na vodni gladini;
- količina vode (tekočine) vpliva na vzgon;
- oblika predmeta vpliva na vzgon;
- gostota tekočine ne vpliva na vzgon;
- gostota predmeta vpliva na vzgon.

Naslednji poskusi imajo pomembno vlogo pri premoščanju napačnih predstav. Zelo priporočljiva je izvedba poskusov v učilnici.

Napačna predstava: *količina vode (tekočine) vpliva na vzgon*

Ob eksperimentu 4 v gradivih za učence naj bi učenci spoznali, da je vzgon na predmet enak, če ga potopimo v veliko ali v malo vode. Pozorni moramo biti le toliko, da je vode dovolj, da predmet neovirano plava ali se v celoti potopi. Najbolje je, da vzamemo kar dve zelo očitno različno veliki posodi vode, npr. čašo in akvarij.



Napačna predstava: *Oblika predmeta vpliva na vzgon.*

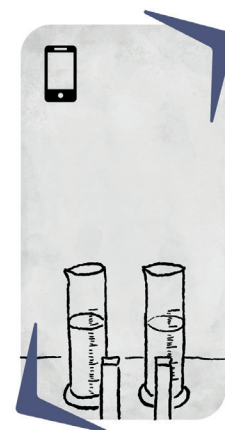


Ob eksperimentu 5 učenci ugotovijo, da je vzgon na predmete, ki imajo enako gostoto, enako maso in prostornino, enak, ne glede na njihovo obliko (valj, kvader, krogla). V eksperimentu je izbrana snov plastelin, ki ima večjo gostoto od vode, torej potone.

Učitelj mora biti zelo previden pri izbiri oblik. Zlahka lahko pride do napake v razumevanju, če sprememba oblike spremeni tudi povprečno gostoto predmeta. Če na primer uporabimo kroglico iz plastelina in jo preoblikujemo v obliko čolna, skupna gostota čolna ni več enaka gostoti kroglice iz plastelina (dodali smo zrak).

Napačna predstava: *Gostota tekočine ne vpliva na vzgon.*

Da pokažemo odvisnost med gostoto tekočine in vzgonom, v eksperimentu 6 uporabimo dve različni tekočini (vodo iz pipe in morsk vodo) in predmet, ki v obeh tekočinah potone. Poskus pokaže, da sila vzgona, ki deluje na isti predmet, ni enaka v obeh tekočinah. Učenci naj določijo silo vzgona na popolnoma (ali delno) potopljen predmet. Najprej naj potopijo predmet v vodo iz pipe in nato v morsk (slano) vodo.

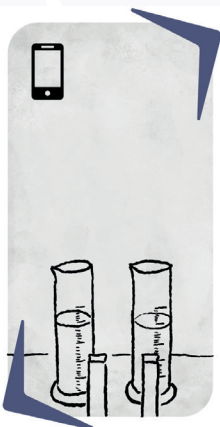


Za določanje sile vzgona imajo dve možnosti. Bodisi iz Arhimedovega zakona, kjer merijo prostornino izpodrinjene tekočine. Pri tem ugotovijo, da je prostornina izpodrinjene vode iz pipe enaka prostornini morske vode. Učenci morajo vedeti, da ima morska voda večjo gostoto kot voda iz pipe. Iz tega dejstva lahko sklepajo, da je sila vzgona na potopljeni predmet v morski vodi večja od sile vzgona na predmet v vodi iz pipe. Druga možnost je, da določijo silo vzgona iz meritev z vzmetno tehtnico. Najprej izmerijo silo teže predmeta v zraku, nato pa izmerijo silo, ki jo kaže vzmetna tehtnica, ko je predmet potopljen v vsako od tekočin. Izračun sile vzgona razkrije, da je v morski vodi vzgon na isti potopljeni predmet večji kot v vodi iz pipe.

Učitelj naj bo pozoren na interpretacijo tega eksperimenta, da ne bi vodila v napačne predstave učencev. Poudariti je potrebno, da smo uporabili predmet, ki v tekočini potone in ga z vzmetno tehtnico držimo v tekočini. V primeru, da bi uporabili predmet, ki plava, bi učenci lahko opazili, da je predmet v slani vodi manj potopljen kot v vodi iz pipe. To je zelo težko opaziti, zato primer raje obravnavamo teoretično. Najlažje ga razložimo tako, da prikažemo ravnovesje sile teže in sile vzgona, ki delujeta na predmet. Ker je sila teže istega predmeta v obeh primerih enaka, je v obeh primerih enak tudi vzgon. Ker pa je vzgon enak teži izpodrinjene tekočine, je v primeru, ko je gostota tekočine večja, manjša prostornina izpodrinjene tekočine. Torej velja, da je gostota tekočine povezana z vzgonom, saj je isti plavajoči objekt v enem primeru izpodrinil več tekočine. Ker mora biti vzgon v obeh primerih enak, je torej v primeru, ko je potopljen večji delež predmeta, tudi izpodrinjene tekočine več in mora biti gostota te tekočine manjša od tekočine, ki je predmet izpodrine manj.

Napačna predstava: *Gostota predmeta vpliva na vzgon.*

Da bi pokazali, da gostota predmeta ne vpliva na vzgon, je mogoče interpretirati isti poskus kot pri prejšnji napačni predstavi (za sprožilcem na levi). Vendar moramo biti pri interpretaciji osredotočeni samo na eno tekočino.



Učenci lahko izvedejo preprost poskus v učilnici, kjer uporabimo dva kvadra enake prostornine in različne gostote. Uporabimo kvadra z večjo gostoto od tekočine, da se kvadra v njej potopita. Na kvadra pritrdimo vrvico, na katero lahko namestimo vzmetno tehtnico. Učenci merijo težo kvadrov v zraku. Nato izmerijo navidezno težo kvadrov, ko so v celoti potopljeni v tekočino. Ker je vzgon razlika med težo in navidezno težo, ugotovijo, da je v obeh primerih enaka. Drugi dokaz je, da oba kvadra enake prostornine izpodrivata enako prostornino vode, tj. sila vzgona na oba kvadra je enaka. Sila vzgona je enaka pri obeh kvadrih, torej gostota kvadrov ne vpliva na vzgon, če sta potopljena v isti tekočini.

Povzemimo

Ko smo v vodi, čutimo, da smo lažji in imamo občutek, kot bi nas nekaj »držalo gor«. Čutimo silo, ki v vodi deluje navpično navzgor in ji pravimo vzgon.

Pri telesih, ki plavajo v tekočini, lahko z merjenjem teže izpodrinjene tekočine in iz ravnovesja sil ugotovimo, da je vzgon enak teži izpodrinjene tekočine. Za telesa, ki v tekočini potonejo, velja enako. V teh primerih vzgon določamo z merjenjem sil z vzmetno tehniko. Telesom, pritrjenim na vzmetno tehniko, določamo težo v zraku in »navidezno« težo v tekočini. Razlika med odčitki na vzmetni tehnici je enaka sili vzgona oz. teži izpodrinjene tekočine.

Arhimedov zakon pravi, da je sila, ki deluje na delno ali v celoti potopljeno telo, enaka teži izpodrinjene tekočine.

Enačbo za vzgon zapišemo kot $F_{vzgon} = \rho \cdot g \cdot V$, kjer je ρ gostota tekočine, V pa prostornina potopljenega dela telesa oz. prostornina izpodrinjene tekočine. Vzgon je odvisen od gostote tekočine, v katero potopimo telo, prostornine izpodrinjene tekočine, ki je enaka potopljeni prostornini telesa.

To znanje je Arhimedu pomagalo rešiti problem s krono. Če imata dva predmeta enake teže tudi enako gostoto, izpodrineta enako prostornino vode. Le če sta gostoti predmetov enaki, sta njuni masi in prostornini enaki. Torej, če vzamemo kos zlata z maso, ki je enaka masi krone, morata tako krona kot kos zlata izpodriniti enako prostornino vode. Kot pravi legenda ni bilo tako, Arhimed je spoznal, da krona ni samo iz zlata, ampak je dodana še druga kovina (srebro).

Hidrodinamika

Hidrodinamika se ukvarja z gibajočimi se tekočinami. Zaradi zahtevnosti obravnave v osnovnošolski učni načrt ni vključena. V gradivo za učence je umeščena zato, ker nas pojavi, povezani s hidrodinamiko, spremljajo vsepovsod. Pomembno je, da se učenci vsaj v določeni meri zavedajo, kaj so vzroki in posledice gibanja tekočin. S hidrodinamiko se je veliko ukvarjal italijanski matematik Francesco Bernoulli, ki je odkril zakon, da se z naraščanjem hitrosti tekočinskega toka v vodoravni smeri tlak zmanjšuje. Zakonitost je zapisal z Bernoullijevo enačbo, ki velja v stacionarnem toku nevizkozne in nestisljive tekočine ter povezuje dve točki na tokovnici.

V gradivih za učence je v podpoglavju z naslovom »Hidrodinamika« predstavljen poskus, nekaj primerov iz vsakdanjega življenja in dodatna zanimivost iz preteklosti. Začnemo z zagotovo najbolj znanim poskusom, ko pihnemo med dve pločevinki, ki sta privezani na vrvi in nekaj centimetrov razmaknjeni (poskus dobro uspe tudi, če uporabimo dva lista papirja ali balona). Rezultat

poskusa je presenetljiv, saj se pločevinki zbližata. Poskus prikazuje povezavo med hitrostjo tekočin in tlakom. Na eni strani pločevink se tekočina (v tem primeru je to zrak) giblje hitreje, kar pomeni, da je na tej strani tlak manjši kot na drugi strani. Pločevinki se pomakneta v smeri manjšega tlaka, kar pomeni, da se približata ena drugi.

V nadaljevanju sta opisana in razložena dva primera iz vsakdanjega življenja. Najprej pojasnimo, zakaj so na peronih črte, ki označujejo, od kje naprej je varno čakati na vlak. Tudi tu gre za gibanje tekočin, zraka, ko vlak z neko hitrostjo pripelje na peron in s tem povzroči gibanje zraka ob njem. Zmanjšan tlak nas lahko potegne k vlaku. Naslednji primer opisuje, zakaj pod tušem potegne kopalniško zaveso proti nam oz. proti vodi. Pojasnilo je enako kot pri vlaku. Voda, ki teče iz tuša, povzroči gibanje zraka ob njej. Zaradi manjšega tlaka na notranji strani potegne zaveso v notranjost.

V poglavju je nanizanih nekaj zanimivih idej o projektih, ki jih lahko izvedemo v šoli, ali pa jih izvedejo učenci doma. Projektov se lotimo po (vsaj delno) obdelani učni snovi, da imajo učenci že nekaj predznanja. Pred začetkom izvajanja projektov moramo učence opozoriti na korake, ki se jih poslužujemo med raziskovanjem (našteti so na koncu strani). V šoli lahko organiziramo delo v skupinah, kjer imamo več možnosti.

Literatura

Camacho, F. F. in Cazares, L.G. (1998). Partial possible models: An approach to interpret students' physical representations. *ScienceEducation*, 82(1), 15–29.

Loverude, M. E., Heron, P. R. L. in Kautz, C. H. (2010). Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure. *American Journal of Physics*, 78(1), 75–85.

Saputra, O., Setiawan, A. in Rusdiana, D. (2019). Identification of student misconceptions about static fluid. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157.

Strnad, J. (2003). Razvoj fizike (The development of physics). DZS.



ARPHYMEDES

POGLAVJE 5

DELO, MOČ ENERGIJA



This document was funded by the European Union's Internal Security Fund — Police. The content of this document represents the views of the author only and is his/her sole responsibility. The European Commission does not accept any responsibility for use that may be made of the information it contains. Project n.: KA201-078391

DELO, MOČ, ENERGIJA

Kaj je delo?

»Delo je energija, ki se prenese na ali z objekta preko sile, ki deluje na predmet. Energija, prenesena na predmet, je definirana kot pozitivno delo, energija, prenesena s predmeta, pa je negativno delo.« (Halliday, Resnick in Walker, 2001).

Moč?

Delo, ki ga opravi sila ali navor v enoti časa je moč. »Če sila opravi določeno količino dela v določenem času, je povprečna moč, ki jo povzroči sila v tem časovnem intervalu, $P_{\text{povp}} = W/\Delta t$.« (Halliday, Resnick in Walker, 2001)

Energija?

V grščini beseda pomeni dejavnost, s katero je Aristotel zaznamoval prehod iz mogočega v dejansko. Besedo so v vseh jezikih povezovali z dejavnostjo in živahnostjo ljudi in drugih bitij. Šele v 19. stoletju je dobila fizikalni pomen (Strnad, 2003). »Pojem energija je tako širok, da je težko napisati jasno definicijo. T ehnično gledano je energija količina, ki je povezana s stanjem enega ali več teles.« (Halliday, Resnick in Walker, 2001). Pri opisu energije je potrebno definirati sistem. Sistem lahko vsebuje enega ali več teles. Energija je količina, izražena v številu in enoti (joule), ki se nanaša na en sistem.

Operativni učni cilji

Učenci:

- razložijo, da je fizikalno delo odvisno od sile in opravljene poti;
- uporabijo enačbo za računanje dela in spoznajo enoto;
- razumejo, da sila, ki deluje pravokotno na smer gibanja, ne opravlja dela;
- med silami, ki delujejo na gibajoče se telo, prepoznajo sile oziroma komponente sil, ki opravljajo delo;
- vedo, da je kinetična energija povezana z gibanjem in da je sprememba kinetične energije povezana s spremembo hitrosti;
- vedo, da je kinetična energija odvisna od mase in hitrosti telesa;
- uporabijo enačbo za izračun kinetične energije;
- razložijo, da je sprememba potencialne energije povezana s spremembo lege telesa v navpični smeri;
- uporabijo enačbo za računanje spremembe potencialne energije;
- razumejo in uporabijo izrek o kinetični in potencialni energiji;
- razložijo, da se lahko energija telesa pretvarja iz ene oblike v drugo;
- opredelijo moč kot količnik dela in časa, v katerem je delo opravljeno (Bajc idr., 2011).

Napačne predstave učencev

Ob pregledu virov o napačnih predstavah učencev na področju obravnave sil, energije, moči in dela, ki so navedeni v razdelku »Literatura«, je nastal seznam pogostih napačnih predstav učencev. Učitelj naj ga skrbno prebere, saj ponuja iztočnice za delo in pogovor z učenci. Učitelj, ki uzavesti pogoste napačne predstave pri posamezni tematiki, je lahko bolj ciljno osredinjen in je pozoren na izraze, govor in izbrane primere.

Učenci

- napačno razumejo pojem sile;
- napačno razumejo tretji Newtonov zakon;
- verjamejo, da je sila lastnost telesa in je ne razumejo v povezavi z interakcijo med telesi;
- verjamejo, da na mirujoče telo sile ne delujejo;
- verjamejo, da se kinetična energija gibajočega telesa dvakrat poveča, če se njegova hitrost dvakrat poveča;
- verjamejo, da je energija sila;
- verjamejo, da se energija izgublja pri pretvorbah iz ene vrste v drugo;
- verjamejo, da se energija lahko izgubi/porablja pri prenosu z enega predmeta na drugega;
- verjamejo, da je kinetična energija odvisna le od mase;
- verjamejo, da je lahko kinetična energija negativna, ko se predmet premika v negativno smer;
- verjamejo, da je potencialna energija odvisna le od višine predmeta;
- verjamejo, da predmet v mirovanju nima energije;
- verjamejo, da je energija vsakega sistema konstantna;
- ne znajo pravilno razložiti izjave »energija se ohranja«;
- povezujejo delo s spremembo kinetične ali potencialne energije in ne skupne energije;
- predznak dela povezujejo s predznakom v koordinatnem sistemu;
- se ne zavedajo, da je zapis energij odvisen od izbire sistema;
- se ne zavedajo, da je poljubno skupino predmetov mogoče obravnavati kot sistem;
- povezujejo energijo z živimi bitji;
- pripišejo energijo zgolj gibajočim telesom.

Naslovna slika poglavja

Pri obravnavi dela primeri pogosto nanesejo na delo z orodji. Pri delu z orodji ob eksperimentih učencem pojasnimo, da se delo ne spremeni ob uporabi orodja, le sila se pogosto zmanjša, kar pa pomeni, da mora delovati na daljši poti. Ena od orodij je vzvod, kjer z manjšo silo delujemo na daljši poti. Pri tem potiskamo daljšo stran vzvoda navzdol in pri tem dvigamo težko breme na krajši strani vzvoda. O vzvodu je poznana anekdota povezana z Arhimedom in je omenjena še v poglavju »Tekočine«.

Arhimed naj bi rekel:

»Dajte mi trdno točko, pa bom dvignil Zemljo.«

Na ta primer se lahko navežete in celo izračunate, kako dolga bi morala biti prečka, če bi tak vzvod lahko postavili. Za izračun na spletu poiščite podatek o masi Zemlje. Z učenci ocenite največjo silo, s katero učenec lahko deluje na daljši konec prečke (lahko uporabite kar težo učenca). Za izračun je potrebno oceniti še dolžino krajšega dela prečke. Razmislek naj vodi v to smer, da bo točka, kjer se Zemlja dotika prečke na njenem krajišču in ne v položaju, kot je prikazano na sliki. O izračunu in razdaljah se pogovorite z učenci ter zaključite s tem, da takšnega vzvoda ni mogoče postaviti.

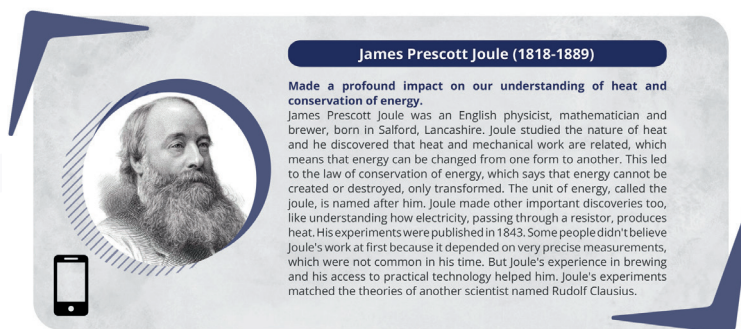


Pomembni znanstveniki

V poglavju so predstavljeni trije pomembni možje, ki so na področju energije, toplote, dela in moči prispevali k fizikalnim spoznanjem.

James Prescott Joule (1818-1889) je bil sin bogatega pivovarja, zato si je lahko privoščil svoj laboratorij. V laboratoriju se je posvečal fizikalnemu raziskovanju, zelo dober je bil v eksperimentalnem delu. Sprva se je ukvarjal z elektriko in magnetizmom in svoje raziskovalno delo nadaljeval na področju toplote in temperature. Določal je toploto pri najrazličnejših spremembah, npr. pri padcu vode v slapu, mešanju vode, pretakanju po ceveh, stiskanju

plinov. Izmeril je mehanični ekvivalent toplote. Ker ni bil fizik, njegovo delo na začetku ni bilo deležno posebne pozornosti. Ko so njegovo delo opazili in podprli lord Kelvin, Michael Faraday in drugi, je bil sprejet med člane Kraljeve družbe. Enoto za energijo, delo in toploto so vpeljali precej pozneje, njemu v čast (Strnad, 1990, 2003; von Laue, 1982).



Rudolf Emanuel Clausius (1822-1888), je z lordom Kelvinom izpeljal drugi zakon termodinamike. Energijski zakon je v fiziki pomenil velik preobrat, saj je vpeljal pojem entropije.

William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907), je drugi zakon termodinamike predstavil na primeru, da ne more obstajati stroj, ki bi ponavljal krožno spremembo in oddajal samo delo, ko bi mu dovajali samo toploto. Z oddanim delom bi namreč lahko segreli telo v okolici nad prvotno temperaturo in s tem dosegli isto, kot bi prenesli toploto s telesa na toplejše telo. Tak toplotni stroj, ki bi nasprotoval drugemu zakonu termodinamike, imenujemo perpetuum mobile druge vrste. Obstaja tudi izraz perpetuum mobile prve vrste, ki bi nasprotoval energijskemu zakonu (prvem zakonu termodinamike) (Strnad, 1990, 2003; von Laue, 1982)

Učenci naj si ogledajo animacijo o J. P. Joulu. Zgoraj zapisana dejstva lahko učencem ob pogovoru še posredujete, pri tem upoštevajte njihove interese in zmožnosti. Opazimo lahko, da so bili vsi trije znanstveniki sodobniki, saj so živeli v obdobju 19. stoletja in so poznali delo drug drugega. Ob pogovoru o teh treh znanstvenikih se kar ponuja možnost ponavljanja in spoznavanja enot, raziskovanja perpetuum mobilov, eksperimentiranja s toploto ipd. V nadaljevanju je zapisanih le nekaj iztočnic za pogovor in delo.

Katera fizikalna količina ima enoto kelvin? Ali jo merimo še v katerih drugih enotah? Poišči podatke na spletu.

Poišči termometer, ki ima skalo v dveh različnih enotah (stopinjah Celzija in stopinjah Fahrenheita). Odčitaj temperaturo zraka v obeh enotah.

Poišči obrazec za pretvorbo iz Fahrenheitove v Kelvinovo lestvico in iz Celzijeve lestvice v Fahrenheito.

Ali bi temperaturo 82 °F pripisal poletnim ali zimskim temperaturam zraka? Utemelji.

Kaj je to joule (džul)? Kako je opredeljena ta enota? Zakaj meniš, da je poimenovana prav po Jamesu Prescottu Joulu?

Izberi eno živilo in na embalaži poglej, kakšna je njegova skupna energijska vrednost. Opaziš, da je zapisana v enoti joule in cal (kalorija). Kakšen je pomen »k« pred J in cal? S sklepnim računom določi, koliko joulov predstavlja 1 kalorijo.

Na zemljevidu Evrope si poglej, v katerih državah in mestih so delovali in živeli Clausius, Kelvin in Joule.

Na spletu s sošolci poiščite načrte perpetuum mobilov in se pogovorite, zakaj ni mogoče, da bi delovali.

Eksperimenti in animacije

Poglavje vključuje serijo animacij. Učitelj jih lahko uporabi, ko vpeljuje nove pojme. Lahko jih uporabi tudi za ponovitev ali zgolj za dvig interesa učencev. Kot je bilo omenjeno v uvodu, so animacije lahko izhodišče za eksperimentalno delo. V razredu lahko z učenci izvedete podobne eksperimente, kot so predstavljeni v animaciji. V vseh primerih je vloga učitelja pomembna, saj zagotavlja razlago, učencem pojasni navodila, organizira eksperimentalno delo ali preveri rezultate samostojnega dela učencev.

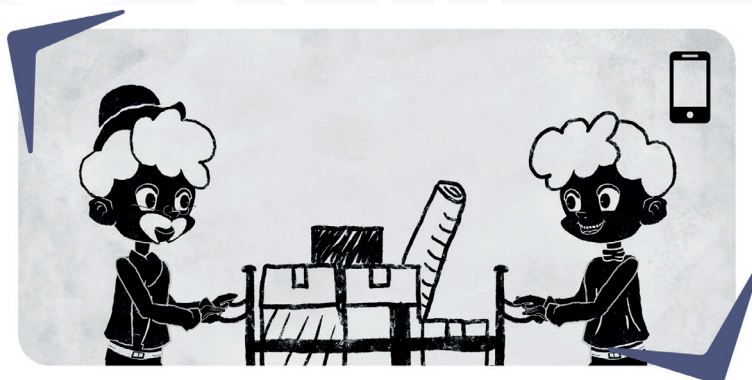
Prva animacija služi za prikaz definicije pojma delo. Z učenci se pogovorimo o vlogi sile teže in sile podlage.



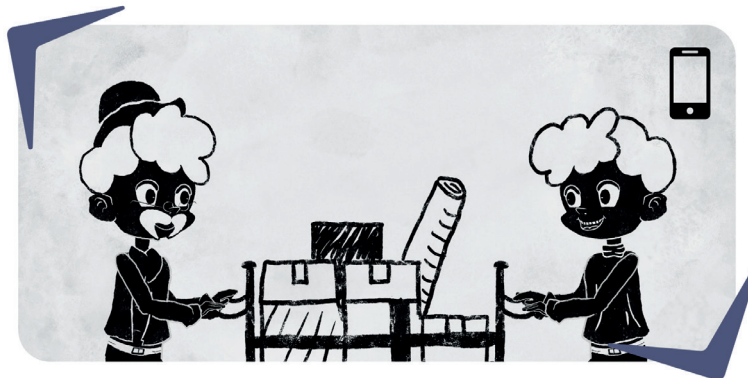
Ob drugi animaciji poudarimo prispevek dveh sil, ki delujeta na opazovano telo v smeri gibanja.



Ob tretji animaciji poudarimo prispevek dveh sil, ki delujeta v nasprotnih smereh. V gradivih za učence so v nadaljevanju navedeni primeri, ko sile med seboj ne delujejo vzporedno s smerjo gibanja. Na delo vplivajo le tiste komponente sil, ki so vzporedne s premikom. Matematični zapis vključuje kotne funkcije, ki jih morda osnovnošolci ponekod še ne obravnavajo. V tem primeru tovrstne naloge rešujemo z načrtovanjem sil v merilu in z merjenjem ustreznih komponent sil.



Zadnja animacija v sklopu obravnave dela prikazuje primer, ko sile na vagon delujejo v smeri, ki ni vzporedna s smerjo premika.



Spodnja sprožilna slika prikazuje posnetek guganja na ogromni gugalnici. Ob posnetku se lahko pogovorimo o pretvorbah energij pri nihanju gugalnice, o vplivu zračnega upora, o delu zračnega upora. Poleg nalog povezanih z energijo in se nahajajo v gradivih za učence, lahko primer nadgradite še z nalogo o moči. Z učenci lahko določite tudi, s kakšno močjo je delovala naprava, ki je dvigala osebi v začetno lego pred spustom (izmerite lahko čas, ocenite spremembo višine in njuno težo). Pogovorite se o idealnem primeru (kaj zanemarimo, kaj predpostavimo) v primerjavi z realnim primerom.



Literatura

Bajc, J. idr. (2011). Učni načrt, Fizika: osnovna šola. Ministrstvo za šolstvo in šport; Zavod RS za šolstvo.

Brown, D. E. (1989). Students' concept of force: The importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24(6), 353–358.

Elwan, A. (2007). Misconception in physics. *Journal of Arabization, the Arab Centre for Arabization, Translation, Authorship and Publication, Damascus*, 33, 77–103.

Halliday, D., Resnick, R. in Walker, J. (2003). *Fundamentals of physics* (6th ed.). Wiley.

Laue, M. von. (1983). *Kratka zgodovina fizike* (Short history of physics). Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS.

Lindsey, B. A., Heron, P. R. L. in Shaffer, P. S. (2009). Student ability to apply the concepts of work and energy to extended systems. *American Journal of Physics*, 77(11), 999–1009.

Lindsey, B. A., Heron, P. R. L. in Shaffer, P. S. (2012). Student understanding of energy: Difficulties related to systems. *American Journal of Physics*, 80(2), 154–163.

Liu, G. in Fang, N. (2016). Student misconceptions about force and acceleration in physics and engineering mechanics education. *International Journal of Engineering Education*, 32(1), 19–29.

Strnad, J. (2003). *Razvoj fizike* (The development of physics). DZS.

Strnad, J. (1990). *Zgodbe iz fizike* (Stories from physics). Slovenska matica.

Student misconceptions about work and energy. (19th July, 2021). <https://changphysicsclass.com/2021/07/19/student-misconceptions-about-work-and-energy/>

Winsconsin Center for Environmental Education. (2020). <https://www3.uwsp.edu/cnr-ap/KEEP/Documents/Activities/Energy%20Fact%20Sheets/EnergyConceptionsMisconceptions.pdf>



Publikacija je financirana s strani Evropske komisije. Vsebina publikacije odraža izključno stališča avtorjev. Evropska komisija ni odgovorna za kakršnokoli uporabo informacij, ki jih publikacija vsebuje

Projekt AR Physics made for students -
2020-1-SK01-KA201-078391



ARPHYMEDES

