

---

# Zašto je važno razvijati vještine istraživanja pojava i rješavanja problema u nastavi fizike?

Željko Jakopović  
*Agencija za odgoj i obrazovanje, Zagreb*

**Sažetak.** Odgojno-obrazovni kurikuli fizike u mnogim državama naglašavaju važnost stjecanja vještina istraživanja pojava i rješavanja fizikalnih problema te ih uključuju u temeljne ciljeve.

Učeničko istraživanje fizikalnih pojava je učenje putem praktičnog rada kojim učenik, pored stjecanja specifičnih istraživačkih vještina, stječe vještine učenja, razmišljanja i metakognicije te usvaja proceduralna znanja i fizikalne koncepte. Strategija učenja i poučavanja istraživanjem pojava obuhvaća učeničko korištenje literature i web izvora pri planiranju istraživanja, eksperimentalni rad pri izvođenju istraživanja te raspravu pri interpretaciji i vrednovanju rezultata istraživanja. Razvija specifične vještine: planiranja istraživanja, izvođenja istraživanja i bilježenja podataka, obrade podataka i interpretacije te vrednovanja istraživanja.

Vještine rješavanja fizikalnih problema omogućuju učeniku razumijevanje i kontrolu procesa njegove spoznaje uključujući vještine: prepoznavanja i definiranja problema, prikaza problema, formuliranja načina rješavanja problema, primjene resursa za rješavanje problema, pojednostavljenja složenosti situacije, oblikovanja rješenja, nadgledanja i vrednovanja rješavanja problema. Učenik je, kao i svaka osoba, svjestan svojih spoznajnih procesa i kontrolira ih u manjoj ili većoj mjeri ovisno o usvojenim vještinama, ali ovisno o znanju i iskustvu u kontekstu u kojem rješava problem učenik može u različitim problemima dostići različite faze njihova rješavanja. Stjecanje vještina rješavanja problema smatra se jednim od temeljnih ciljeva formalnog obrazovanja jer su ključne za cjeloživotno učenje.

Razvoj vještina istraživanja i rješavanja problema u ovom radu raspravlja se u kontekstu teme Slobodni pad.

**Ključne riječi:** razvoj vještina, istraživanje fizikalnih pojava, rješavanje fizikalnih problema, slobodni pad

## UVOD

Rješavanje problema proces je u kojem se primjenjuje znanje, vještine i razumijevanje za postizanje željenog izlaza iz nepoznate situacije. Ta nepoznata situacija je problem s kojim se suočavamo, a iz kojega nije očigledan izlaz, odnosno nije očigledno rješenje problema. Praktično sve „znanje“ i iskustvo služi za rješavanje problema u svakodnevnom (socijalnom) ili profesionalnom (stručnom) kontekstu, a rezultat toga su nove znanstvene spoznaje, pothvati i otkrića te primjena spoznaja u životu i radu. Premda su za rješavanje problema važne logičke i ostale opće ili prenosive vještine još je važnije znanje i iskustvo u što širem kontekstu problema pa stručnjaci za rješavanje problema u jednom području često nisu uspješni u rješavanju problema u drugom stručnom području. Najbolji način stjecanja vještina rješavanja problema je njihovo rješavanje.

Jedan od načina rješavanja fizikalnih problema pri učenju i poučavanju u nastavi fizike je istraživanje fizikalnih pojava. Istraživački problemi zahtijevaju pokus kojim se dokazuje ili opovrgava hipoteza. Učeničko istraživanje pojava obuhvaća učeničko korištenje literature i web izvora pri planiranju istraživanja, eksperimentalni rad pri izvođenju istraživanja te raspravu pri interpretaciji i vrednovanju rezultata istraživanja. Nastavnik podupire učeničko istraživanje odvođenja učenika do njegova stjecanja iskustva i sve veće samostalnosti u učenju pri čemu

učenik konstruira fizikalne koncepte i proširuje kontekst važan za rješavanje fizikalnih problema.

## VJEŠTINE RJEŠAVANJA PROBLEMA

Rješavanje problema je važan kognitivni i metakognitivni proces, a ovladavanje tim procesom u nekom području smatramo ključnom kompetencijom koja objedinjuje znanja, vještine razmišljanja i učenja te metakognitivne vještine. Zahtjeva prije svega motivaciju za prolaženje kroz teškoće pri rješavanju problema, teorijsko znanje iz područja problema i iskustvo za njegovu mudru uporabu te vještine razmišljanja i učenja za stjecanje novoga znanja. U sklopu su toga vrlo važne vještine redukcionizma za logično rastavljanje problema na dijelove i komunikacijske vještine za uporabu izvora znanja i koordinaciju rada ili vođenje pri timskom radu.

Vrhunac stjecanja kompetencije rješavanja problema u nekom području obilježava ovladavanje metakognitivnim vještinama. Metakognitivne vještine određuju učeničko razumijevanje i kontrolu procesa njegove spoznaje i predstavljaju mišljenje o mišljenju koje uključuje praćenje i kontrolu spoznajnog procesa sve do ostvarenja učeničkog postignuća. Mnogi istraživači metakognitivnog područja smatraju stjecanje metakognitivnih vještina jednim od glavnih ciljeva formalnog obrazovanja jer su ključne za cjeloživotno učenje. Rješavanje problema zahtijeva uporabu kognitivnih i psihomotoričkih vještina kao što su: razmišljanje na načelima fizike, idealizacija, aproksimacija i vrednovanje te izvođenje pokusa i mjerenja, prikazivanje slikama i tablicama, crtanje dijagrama i opisivanje matematikom.

Stečena kompetencija rješavanja problema se očituje prije svega u samom procesu rješavanja i naravno u rješenju problema. Proces rješavanja problema kompetentnog učenika obilježava kvalitetna organizacija i redosljed postupaka za postizanje rezultata i donošenje odluka. Pristup je učenika motivirajući, uporan, samouvjeren i pažljiv. Nekoliko puta čita tekst koji opisuje problem da bi razumio zahtjeve, podatke i načela te problem rastavlja na dijelove prije početka rješavanja. Jasno utvrđuje značenja i odnose pojmova. Koristi temeljna načela i rješava problem korak po korak. Razlikuje važna od nevažnih pitanja i dobro procjenjuje odgovore.

Rješavanje problema ovisi o razvijenosti općih logičkih vještina kao baze za razmišljanje. Logičke i ostale opće vještine razmišljanja postoje izvan konteksta pojedinačne aktivnosti, sadržaja i značenja u kojem se primjenjuju pa su primjenjive u svim kontekstima i na svim problemima [1]. Osim logičkih i ostalih općih vještina razmišljanja još važnije je znanje, iskustvo i poznavanje što šireg konteksta situacije u specifičnom području u kojem se rješava problem. Prepoznavanje situacije omogućuje odluku o primjeni mentalnih oruđa i predodžbu kako treba izgledati rješenje problema (Vygotsky, 1978., Donaldson, 1993., u [2]).

Ovisno o znanju i iskustvu u specifičnom području u kojem se problem rješava učenik može biti u različitim fazama razvoja vještina rješavanja problema. Faza upravljanja podacima je pozicija početnika kojemu je znanje fragmentirano pa nije u stanju predvidati i planirati rješavanje problema. Stoga primjenjuje strategiju pokušaja i pogrešaka. Upravljanje teorijom je faza u kojoj učenik razvija teoriju koja mu omogućuje postavljanje hipoteza za rješavanje problema, ali ta teorija može biti neefikasna i bez povratne informacije. Faza upravljanja metateorijom uključuje strukturirane teorije koje omogućuju nestereotipan pristup rješavanju problema, praćenje i vrednovanje uspješnosti razmišljanja te reguliranje ostvarivanja plana i provedbe rješavanja problema (Karmiloff-Smith, 1992. u [2]).

Vrednovanje (ocjenjivanje) učenikovih stečenih vještina rješavanja problema (zadataka) možemo provesti prema kriterijima prikazanim u tablici 1.

<b>TABLICA 1. Vrednovanje (ocjenjivanje) učeničkog rješavanja problema (zadatka)</b>				
<b>Ocjene (bodovi)</b>	<b>2</b> (značajni nedostaci)	<b>3</b> (djelomični nedostaci ili pogreške)	<b>4</b> (mali propusti ili pogreške)	<b>5</b> (cjelovito i primjereno)
<b>Vještine</b>				
Upotrebljivost opisa problema (crtež, simbolika, riječi, planiranje koraka do rješenja)				
Fizikalni pristup i primjena (prikaz fizikalnih veličina i zakonitosti, primjena fizikalnih zakonitosti, razmišljanje na načelima fizike, idealizacija, aproksimacija)				
Matematički postupci (pretvaranje mjernih jedinica, rješavanje fizikalnih jednadžbi, dijagrami, grafički prikazi...)				
Logičko razmišljanje (tijek logičkih postupaka od identificiranja ciljeva do zaključaka, jasnoća, usmjerenost i konzistentnost razmišljanja, donošenje odluka, vrednovanje rješenja i postupka)				

Svaka se skupina vještina boduje ili ocjenjuje pa procjena osposobljenosti za rješavanje problema uključuje bodove (ocjene) svih skupina vještina.

## VJEŠTINE ISTRAŽIVANJA POJAVA

Istraživanje pojava podrazumijeva manje ili više samostalni učenički rad na planiranju istraživanja, izvođenju istraživanja (pokus i mjerenje) i bilježenju podataka, obradi podataka i njihovoj interpretaciji te vrednovanju rezultata i postupka. Predstavlja jedan od načina rješavanja problema svojim prepoznatljivim inačicama kao što su dokazivanje pokusom, učenički laboratorijski rad i učenički projekt [3].

Istraživanjem pojava učenik povezuje konceptualno i proceduralno znanje, stječe specifične istraživačke vještine i vještine samostalnog učenja pa se ostvaruje važan cilj suvremenog obrazovanja: „učiti kako učiti“. Mogu se izdvojiti sljedeće skupine vještina koje razvija istraživanje pojava:

### **Planiranje**

- Identificiranje problema (opisivanje pojave, crtanje skica, analiza problema, postavljanje istraživačkog pitanja, utvrđivanje varijabli)
- Postavljanje hipoteza (predviđanje rješenja, planiranje oblika rada, oblikovanje eksperimentalne procedure)

### **Izvođenje istraživanja i bilježenje podataka**

- Pozorno promatranje (zapažanje sličnosti, razlika i promjena, klasificiranje, zamišljanje, opisivanje, odabiranje, postavljanje pitanja)
- Mjerenje (organizacija i manipulacija opremom, izvođenje pokusa)
- Zapisivanje podataka (klasificiranje podataka, tabelarno prikazivanje, opisivanje riječima, prikazivanje crtežima i slikama)

### **Obrada podataka i interpretacija**

- Organiziranje i računanje (izračunavanje rezultata, tabelarno prikazivanje rezultata)
- Grafičko prikazivanje (prikazivanje rezultata dijagramima i grafikonima)
- Analiziranje podataka i rezultata (utvrđivanje trendova i povezanosti između varijabli)
- Oblikovanje modela (zaključivanje na temelju rezultata)

- Komuniciranje (znanstveno objašnjenje modela i odgovor na izvorno pitanje uporabom riječi, podataka, slika, crteža i grafikona)

### Vrednovanje

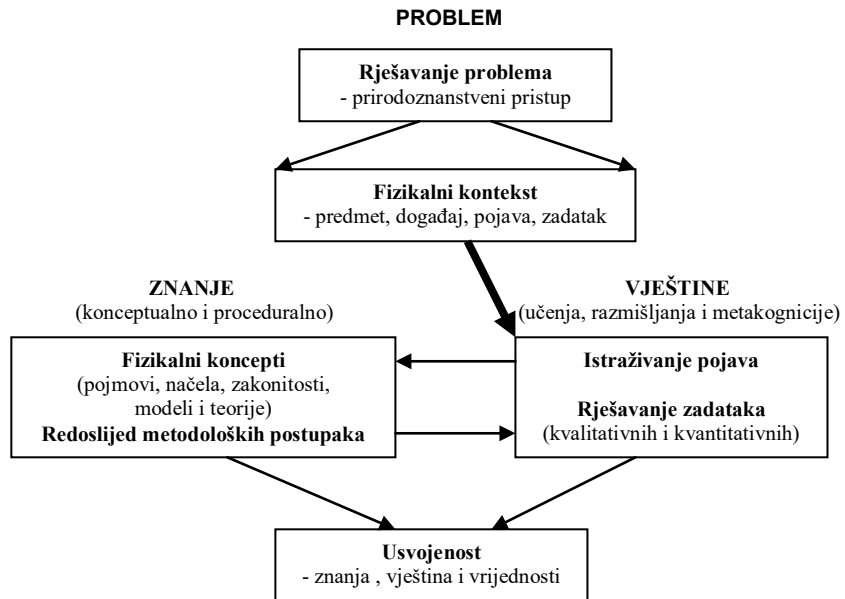
- Vrednovanje rezultata (donošenje odluka o vjerodostojnosti rezultata, procjena rezultata u odnosu na problem i hipoteze)
- Vrednovanje metoda, tehnika i pokusa (procjena rezultata u odnosu na korištene metode, tehnike i pokuse)

Vrednovanje (ocjenjivanje) učenikovih stečenih vještina tijekom istraživanja pojava možemo provesti kriterijima prikazanim u tablici 2. Pri vrednovanju više bodovani (ocjenjeni) kriteriji uključuju sve niže kriterije.

<b>TABLICA 2. Vrednovanje (ocjenjivanje) učeničkog istraživanja pojava</b>				
<b>Ocjene (bodovi)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Vještine</b>				
Planiranje	Izreći znanje o temi i cilj istraživanja.	Utvrđiti što treba mjeriti.	Napisati hipotezu i kako je provjeriti.	Utvrđiti što će se mijenjati, što ćemo mjeriti i što će ostati isto.
Izvođenje istraživanja i bilježenje podataka	Izreći što se radi i što se događa.	Uporabiti crtež i napisati što se događa.	Mjeriti i prikazati podatke kao liste, dijagrame i tabele.	Utvrđiti podatke mjerenja na temelju tri mjerenja fizikalne veličine.
Obrada podataka i interpretacija	Izreći što se dogodilo na temelju rezultata.	Izreći što se različito događa promjenama varijabli.	Prikazati rezultate tabelarno i grafičkim prikazom te ih objasniti.	Crtaťi grafičke prikaze sa srednjim vrijednostima i objasniti zašto su takvi rezultati.
Vrednovanje istraživanja	Izreći jesu li potvrđene hipoteze.	Izreći vezu između događanja i predviđanja.	Objasniti poteškoće pri provođenju istraživanja.	Objasniti kako možemo poboljšati istraživanje.

## RJEŠAVANJE PROBLEMA ISTRAŽIVANJEM POJAVA KAO PRISTUP UČENJU I POUČAVANJU

Priroda znanstvene discipline fizike koju čini nerazdvojivost metodologije i sadržaja, omogućuje ostvarivanje obrazovnih postignuća na temama iz fizike metodologijom rješavanja fizikalnog problema. Primjenjujući metodologiju rješavanja problema načinom istraživanja pojave učenje i poučavanje u nastavi ostvaruje se sljedećim redoslijedom: upoznavanje pojave – otvaranje problema (iniciranje miskoncepcija), postavljanje glavnih hipoteza za rješanje problema (fokusiranje na konceptualni kontekst), provjera hipoteza – rješavanje problema (suprotstavljanje ideja) te konstruiranje i vrednovanje modela (razvoj novog modela – primjena). Takav pristup učenju i poučavanju u nastavi fizike možemo prikazati crtežom na slici 1.



Slika 1. Pristup učenju i poučavanju u nastavi fizike rješavanjem problema

Temeljna je ideja pristupa učenju i poučavanju rješavanjem problema načinom istraživanja pojave razvijati metodološke alate, odnosno metakognitivne vještine rješavanja problema i vještine istraživanja pojava, za usvajanje konceptualnog i proceduralnog znanja. Učenici stječu vještine rješavanja problema na razini strategije učenja i na razini rješavanja tematski specifičnih zadataka. Takvim se učenjem osim stjecanja vještina i znanja, usvajaju vrijednosti prirodnoznanstvenog pristupa u profesionalnom i privatnom životu. Razvoj vještina rješavanja problema istraživanjem pojava u nastavi fizike može se prikazati na temi Slobodni pad. Nastavniku je pripremanje tema olakšano ako je tijekom formalnog obrazovanja ili stručnog usavršavanja bio obaviješten o ključnim pretkonceptijama, odnosno miskoncepcijama, vezanima za pojedine fizikalne koncepte. Ključna pretkonceptija kod razumijevanja slobodnog pada je Aristotelova tvrdnja da teža tijela padaju brže na površinu Zemlje nego lakša. Učenici koji prvi put formalno izgrađuju fizikalni koncept slobodnog pada, u pravilu imaju model slobodnog pada utemeljen na navedenoj pretkonceptiji. Zato nastavnik može pripremati nastavnu strategiju za prevladavanje te pretkonceptije i izgradnju znanstvenog modela slobodnog pada.

Na temi Slobodan pad od učenika se očekuje ostvarenje sljedećih obrazovnih postignuća:

1. Razlikovati padanje tijela u blizini površine Zemlje u zraku i vodi te s obzirom na neka obilježja tijela. (R)
2. Objasniti slobodni pad svih tijela u blizini površine Zemlje. (R)
3. Obrazložiti vrstu gibanja koju izvodi tijelo koje slobodno pada. (R)
4. Nacrtati v,t grafički prikaz slobodnog pada. (P)
5. Primijeniti jednadžbe za brzinu i put pri slobodnom padu tijela. (P)

Obrazovna su postignuća obilježena kognitivnim razinama na kojima se ostvaruju: (R)-razumijevanje, (P)-primjena. U skladu s time svako se obrazovno postignuće (ishod) provjerava pitanjem ili zadatkom:

1. Objasnite razlike u padanju tijela u zraku i vodi te s obzirom na oblik tijela.
2. Izvode li sva tijela jednako gibanje pri slobodnom padu u vakuumu? Objasnite.
3. Koju vrstu gibanja izvodi tijelo pri slobodnom padu? Obrazložite.
4. Nacrtajte  $v, t$  grafički prikaz slobodnog pada utega s podacima dobivenim iz snimke gibanja na papirnatu vrpcu pomoću tipkala.
5. Kolikom brzinom u km/h kamen udari u površinu vode ako je ispušten s mosta padao 2 sekunde (zanemarujemo otpor zraka)? Kolika je visina mosta?

### Uvodni dio sata (upoznavanje pojave – otvaranje problema)

Upoznavanje pojave i otvaranje problema nastavnik započinje pitanjem: Kako padaju tijela u blizini površine Zemlje? Nakon učeničkih iskazivanja pretkonceptcije o bržem padanju težih tijela od lakih nastavnik širi kontekst pitanjima: Postoji li razlika u padanju tijela u zraku i vodi? Postoji li razlika u padanju tijela iste težine, ali različitih oblika tijela?

Učenici opisuju padanje tijela u blizini površine Zemlje i raspravljaju o obilježjima toga gibanja. Na prvo će pitanje uglavnom opisivati padanje tijela u zraku. Uobičajeno odmah iskazuju pretkonceptciju o bržem padanju težih tijela od lakih. Na druga dva pitanja učenici će također odgovoriti na temelju njihova iskustava o bržem padanju istog tijela u zraku nego u vodi, a nastavnik ih u raspravi može usmjeriti da se prisjete padobrana te zakluče o različitom padanju tijela različitih oblika. Nakon završetka rasprave nastavnik izvodi pokuse koji potvrđuju učeničke pretpostavke: pokus istodobnog padanja lista papira i kuglice od plastelina, pokus s padanjem kuglice od plastelina u menzuri s vodom, pokus s padanjem plastelina oblikovanog u padobran u menzuri s vodom. Tijekom izvođenja pokusa raspravlja se još jednom o učeničkim idejama. Nastavnik iznese slične ideje grčkog filozofa Aristotela i priču o njegovoj fizici koja se dugo zadržala kao javno prihvaćena. Nakon uvodne sekvence učenja i poučavanja nastavnik provjerava učenička zapažanja.

1. Objasnite razlike u padanju tijela u zraku i vodi te s obzirom na neka obilježja tijela.

Zatim nastavnik postavlja hipotetičko pitanje: Kako bi sva tijela koja smo vidjeli u pokusima padala u vakuumu? Učenici iznose različite hipoteze, ali uglavnom ostaju na pretkonceptiji da će teža tijela brže pasti s iste visine nego laka.

### Središnji dio sata (rješavanje problema – konstruiranje modela)

Nastavnik, uz obrazloženje da će im pokušati pomoći razumjeti što se događa u vakuumu, izvede pokus s istim listom papira i kuglicom od plastelina koji je izveo na početku. Zatim izgužva list papira u kuglicu približno iste veličine kao od plastelina i prije nego ispusti obje kuglice pita učenike: Kako će pasti ove dvije kuglice? Učenici postavljaju hipoteze. Prevladava pretkonceptcija da će teža kuglica od plastelina pasti brže od kuglice od papira. Razvija se rasprava između učenika koji su pokolebani, ali neki još uvijek pokušavaju opravdati svoje pretkonceptcije. Nastavnik ispusti kuglicu od papira i plastelina koje gotovo istodobno padnu na tlo. Učenici su nakon pokusa u kognitivnom konfliktu jer ga ne mogu objasniti (opravdati) svojim modelom slobodnog pada pa uglavnom odustaju i prihvaćaju slobodni pad svih tijela s iste visine za jednako vrijeme u vakuumu. Nastavnik može dodatno zaoštriti kognitivni konflikt istodobnim ispuštanjem izgužvanog lista papira u kuglicu i lista papira.

Radi utvrđivanja znanstvenog koncepta slobodnog pada gotovo bi idealno bilo ovdje izvesti pokus s Newtonovom cijevi i slobodnim padom kuglice i ptičjeg pera u zraku i vakuumu. Međutim, rijetko koja škola ima Newtonovu cijev pa se umjesto stvarnog pokusa može pustiti njegova video snimka. Uz to nastavnik može upoznati učenike s povijesnim pokusima Galileja Galileja koji je istraživao slobodan pad s kosog tornja u Pisi. Nastavnik na kraju ove sekvence poučavanja vrednuje izgrađeni znanstveni model slobodnog pada.

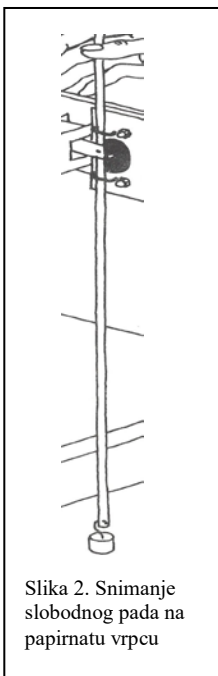
2. Izvode li sva tijela jednako gibanje pri slobodnom padu u vakuumu? Objasnite.

Razmatranje vrste gibanja koju izvodi tijelo pri slobodnom padu nastavnik može započeti pitanjem o vrstama jednostavnih gibanja koje su učenici upoznali. Zatim učenicima koji su od početka sata organizirani u šest grupa daje zadatak da ispuštaju tri iste kuglice od plastelina koje su na njihovim stolovima svaku sa značajno različite visine. Nakon pada na tlo trebaju iz različitosti njihovih deformacija donijeti zaključke o slobodnom padu kao vrsti gibanja. Učenici analiziraju deformacije i zaključuju o povećanju brzine gibanja kuglice ovisno o vremenu gibanja, što ih navodi na ubrzano pravocrtno gibanje. Vrednovanje se ishoda ove sekvence provodi pitanjem.

3. Koju vrstu gibanja izvodi tijelo pri slobodnom padu? Obrazložite.

Tijekom učeničkih odgovora i rasprave nastavnik upućuje učenike na samostalno istraživanje akceleracije slobodnog pada pomoću pribora koji im je na stolu.

**Pokus:** Određivanje akceleracije slobodnog pada utega od 25g iz snimke slobodnog pada pomoću tipkala na papirnatu vrpcu kao na slici 2.



Učenici samostalno istražuju i određuju akceleraciju slobodnog pada iz snimke slobodnog pada utega od 25g pomoću tipkala na papirnatu vrpcu. Analiziraju papirnatu vrpcu s točkama koja predstavlja snimku slobodnog pada, a iz jednolikog povećanja razmaka između točaka jasno potvrđuju jednoliko ubrzano pravocrtno gibanje. Vrpcu razrežu na po pet razmaka između točaka i dijelove nalijepe jedan do drugoga na vodoravnu crtu koja predstavlja os vremena. Izračunavaju prijedeni put, brzinu, promjenu brzine i akceleraciju slobodnog pada i unose u tablicu. Grafički prikaz s nalijepljenim vrpcama predstavlja histogram pomaka, ali adekvatnim označavanjem ordinatne osi iznosima brzina predstavlja histogram brzine ovisno o vremenu. Nakon određivanja akceleracije slobodnog pada učenici napišu u svoje bilježnice jednadžbe za ovisnost brzine i prijedenog puta o vremenu.

Sekvencu se poučavanja i učenja završava zadatkom za vrednovanje.

4. Nacrtajte v,t grafički prikaz slobodnog pada utega s podacima dobivenim iz snimke gibanja na papirnatu vrpcu pomoću tipkala.

**Završni dio sata** (vrednovanje i primjena modela)

Na kraju se sata razvija rasprava o primjeni usvojenog modela slobodnog pada. Nastavnik usmjerava učeničke ideje i postavlja zadatak kao primjer primjene spoznaja o slobodnom padu.

5. Kolikom brzinom u km/h kamen udari u površinu vode ako je ispušten s mosta padao 2 sekunde (zanemarujemo otpor zraka)? Kolika je visina mosta?

Rješavanje zadatka ih upućuje na provođenje izvanškolskog projekta: Odredite visinu nekog mosta u vašoj blizini pomoću slobodnog pada.

## LITERATURA

1. J. Piaget, *Psychology and Epistemology, Towards a Theory of Knowledge*, Penguin Books, New York 1977.
2. S. Thornton, *Children Solving Problems*, Harvard University Press, London 1995.
3. Ž. Jakopović, *Kurikulum i nastava fizike*, Školska knjiga, Zagreb 2015.