

Izvedba navpičnega skoka s pomočjo sodobne merilne opreme

Mag. Damjan Gašparič

Osnovna šola Fram

Izvleček

Osnovnošolski pouk fizike smo si zamislili malo drugače. Sodobni merilni pripomočki to omogočajo. Vsoto sil na podlago pri navpičnem skoku smo merili s posebno tehtnico za merjenje sil, v angleščini imenovano »force plate«. Dobljene meritve smo uporabili pri dveh učnih urah. Pouk s tem popestrimo, hkrati pa učencem predstavimo sodobno učno tehnologijo, ki je pri pouku fizike v osnovnih šolah še sorazmerno redka.

Ključne besede: pouk fizike v osnovni šoli, navpični skok, sodobna učna tehnologija



Slika 1: Odrivna plošča (»force plate«)

Performing a Vertical Jump Using Modern Measuring Equipment

Abstract

I designed primary school Physics lessons in a slightly different way, which was made possible by modern measuring tools. The total ground reaction force in a vertical jump was measured using a special scale for measuring forces called the force plate. The measurements obtained were used in two periods. This makes the lessons more interesting and introduces the pupils to modern learning technology, which is still relatively rare in primary school Physics lessons.

Keywords: Physics lessons in primary school, vertical jump, modern learning technology

Uvod

Fizika je eksperimentalna znanost. Pri osnovnošolskem pouku fizike se zato učenci velikokrat srečajo s poskusi. Pripomočki za izvedbo poskusov pri pouku fizike v osnovni šoli so običajno desetletja enaki. Poskusi se redko izvajajo s pomočjo računalniške podpore, ki se največkrat uporablja za multimedijske predstavitve, animacije ali videoposnetke. Zelo redko se računalnik uporablja skupaj s sodobnimi merilnimi pripomočki, ki jih treba prek vmesnika povezati z računalnikom.

Na srečo smo za malo daljši čas dobili na razpolago računalniški vmesnik ter posebno tehtnico za merjenje sil oz. odrivno ploščo (pritiskovna plošča ali tenziometrična plošča; ang. »force plate«). Prišli smo na zamisel, da bi z učenci izvedli meritve pri navpičnih skokih, te pa bi nato uporabili pri obravnavi dveh učnih vsebin pri pouku fizike v 9. razredih, pri prostem padu in drugem Newtonovem zakonu.

V vseh treh devetih razredih sta meritve opravila po dva fanta in dve dekleti. Vsak udeleženec je izvajal navpični skok z mesta na dva načina: skok iz stoječe-



Slika 2: Vmesnik Vernier

Prišli smo na zamisel, da bi z učenci izvedli meritve pri navpičnih skokih, te pa bi nato uporabili pri obravnavi dveh učnih vsebin pri pouku fizike v 9. razredih, pri prostem padu in drugem Newtonovem zakonu.

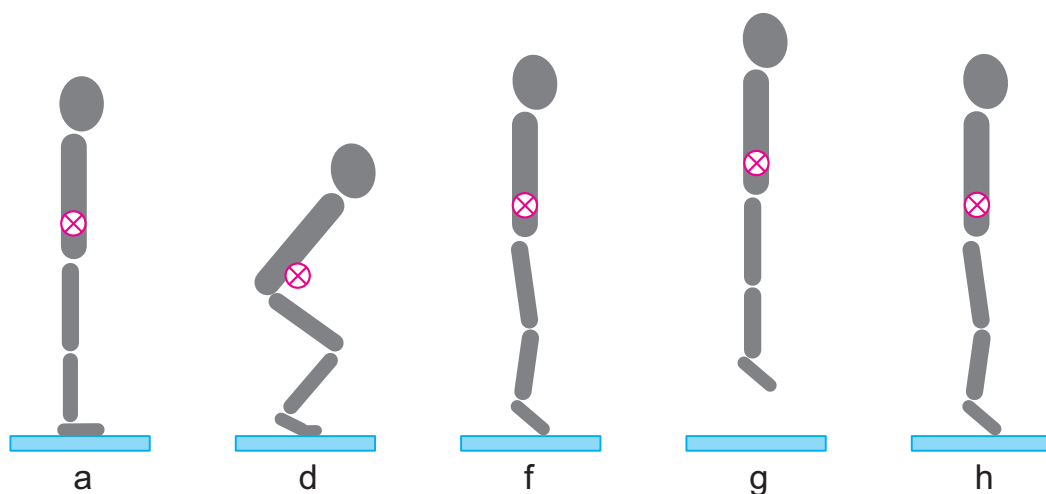
ga položaja ter skok iz počepa. Pri obeh načinih so učenci izvajali skoke enkrat brez in drugič z uporabo oz. zamahom rok. Za samo razumevanje skokov in odčitavanje meritev je načeloma dovolj en skok, vendar pri različnih izvedbah skokov vidimo majhne razlike v meritvah in si razlike v rezultatih, ki jih kasneje dobimo z izračuni, lahko bolje razlagamo.

Izvedba učne ure

Meritve smo izvajali z devetošolci, ker nas je zanimalo, kako si razlagajo sile in njihovo velikost med skokom in doskokom, obenem pa ti učenci že obvladajo računanje višin pri prostem padu in navpičnem metu. Učenci so pri učni uri sami odčitali podatke, potem pa z njimi računali. Tako so dosegli zastavljene cilje na bolj znanstven način, navajali so se na natančnost in računali višine skokov.

Na začetku meritev smo učencem najprej razložili delovanje tehtnice, uporabniškega vmesnika in programa, s katerim smo meritve obdelovali ter prikazovali v tabelah in grafih. Tehnico smo nastavili na nič in podali navodila, kako naj izvajajo skoke ter kako bomo zajemali podatke.

Učenci so pri učni uri sami odčitali podatke, potem pa z njimi računali.



Slika 3: Položaji skakalca pri navpičnem skoku.

Pri izbiri učencev smo gledali tudi na to, da so se razlikovali po masi. Pred izvedbo skokov je vsak učenec naredil skok ali dva na tehtnici, da se je malo privadil nanjo. Pri izvedbi skokov se je učenec odrinil in pristal na tehtnici. Ker je tehtnica majhna, so morali biti skoki natančno izvedeni.

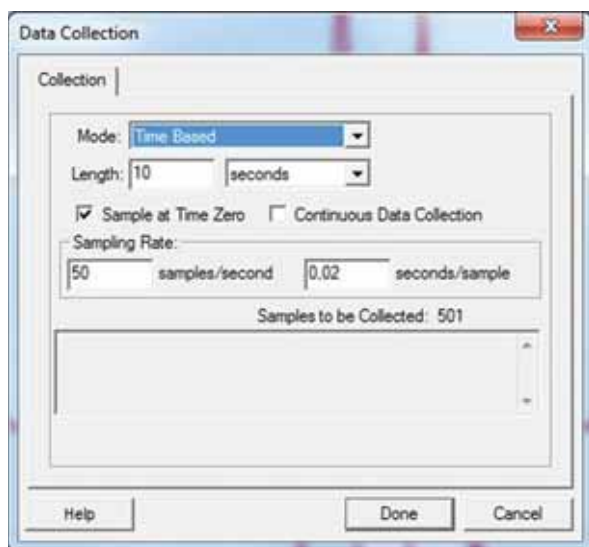
Tehtnico smo pred skoki povezali z Vernierjevim vmesnikom, tega pa z računalnikom. Zagnali smo program Logger pro 3 demo, to je eden od brezplačnih programov, ki ga je mogoče dobiti na Vernierjevi spletni strani: www.vernier.com/downloads/logger-pro-demo.

Merilna naprava omogoča zajemanje podatkov do 500-krat na sekundo. Nastaviti je mogoče tudi čas zajemanja podatkov. V programu smo čas izvedbe skoka omejili na deset sekund, kar je ravno dovolj za sproščeno izvedbo skoka.

Za uvod v učno uro učitelj prikaže vse različice skokov, da učenci vidijo razlike. Na kratko učencem pokažemo grafe, ki se nam izrišejo na zaslonu po vsakem skoku, in jih komentiramo. Po prikazanih skokih učitelj razloži, na kaj morajo biti učenci pozorni pri odskoku, kako morajo zamahniti z rokami in kako naj doskočijo na tehtnico, da sila nanjo ne bo prevelika. Tehtnica deluje v določenem merilnem območju, ki je pri »trdem« doskoku lahko hitro preseženo.

Vsak učenec pred začetkom zajemanja meritev stopi na tehtnico, pomočnik pritisne na gumb Start, v desetih sekundah, kolikor traja zajemanje podatkov, pa skakalec izvede enega ali več istih skokov. Po kratkem počitku učenec izvede še druge verzije skokov.

Pri izbiri učencev smo gledali tudi na to, da so se razlikovali po masi.



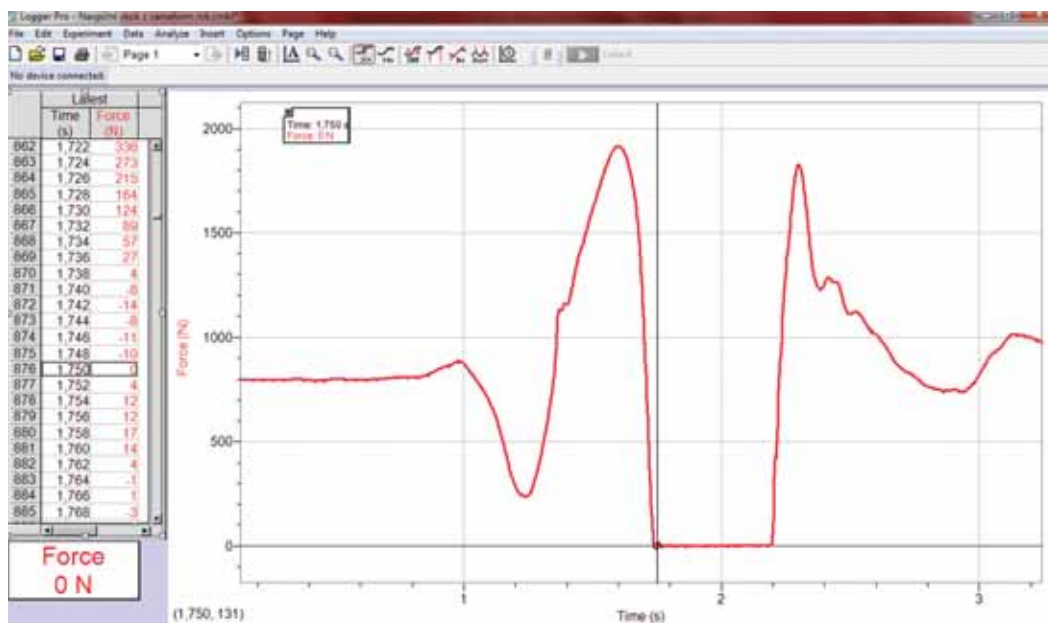
Slika 4: Nastavitev trajanja meritve ter frekvence zajemanja podatkov

Po končanih meritvah je na voljo množica podatkov, ki so predstavljeni v tabelah in grafih. V programu imamo možnost potovati po črti grafa, kar nam omogoča neposredno odčitavanje vrednosti sil ob različnih časih. S pomočjo miške se lahko postavimo na vrh krivulje in v tabeli dobimo velikost sile ter čas, ob katerem se to zgodi. Ko se premikamo po krivulji na grafu, se v tabeli samodejno označi čas, ob katerem smo izmerili določeno silo; seveda vidimo tudi podatek za silo ob delčku sekunde prej ali pozneje. Tako lahko na grafu točno označimo želeni del krivulje, na primer, ko je bila sila največja ali najmanjša.

Za določanje višine skokov je pomemben podatek, koliko časa tehtnica ne beleži sile. Ta čas je namreč skakalec v zraku. Ker se skakalec med skokom giblje gor in nato navzdol (zračni upor zanemarimo), lahko enostavno določimo čas od odriva do najvišje točke ter dobimo višino skoka, začetno hitrost in preostale podatke. Enačbe so zapisane na obeh učnih listih. Za lažje razumevanje določenih faz navpičnega skoka si pogledjmo faze skoka:

1. faza: prehod iz stoječega položaja v počep,
2. faza: prehod iz počepa v odziv do trenutka odskoka,
3. faza: prosti let navzgor do najvišje točke,
4. faza: prosti pad do dotika tal z nogami in ublažitev doskoka v polčepečem položaju,
5. faza: prehod iz polčepečega položaja v normalni stoječi položaj.

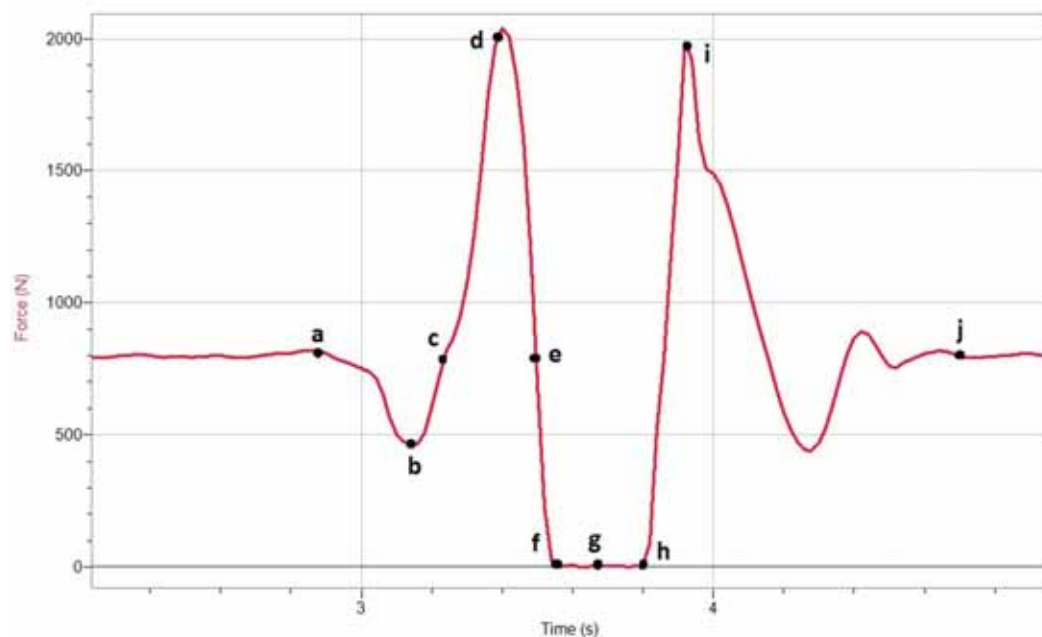
Po končanih meritvah je na voljo množica podatkov, ki so predstavljeni v tabelah in grafih.



Slika 5: Primer tabele in grafa po izvedenem skoku

V prvi fazi skakalec izvede predpripravo na skok, upogne kolena in boke, v nogah se nakopiči energija, ki se sprosti v drugi fazi skoka, ki jo skakalec za čim višji skok izvede v čim krajšem času. Prva faza skoka je koristna za višino skoka, saj se tako sila mišic poveča. V drugi fazi skoka se telo v kolenih in bokih izravna, med gibanjem navzgor hitrost skakalca narašča. Tem krajši čas druge faze skoka vpliva na tem večji pospešek in s tem tudi na višjo hitrost v trenutku, ko se skakalec odlepi od tal. Ko je skakalec v zraku, ne vpliva na sam skok. V četrti fazi skakalec naredi zelo podobne gibe kot v drugi fazi, le v nasprotnem vrstnem redu. Peta faza je podobna prvi fazi, le da poteka v nasprotnem vrstnem redu. Skakalec na koncu miruje, je vzravnani.

Zaradi enostavnejšega spremljanja in pravilnega tolmačenja posameznih delov grafa podajamo razlago po točkah.



Slika 6: Položaji skakalca na grafu

Kaj pomenijo posamezne točke, ki so označene na grafu od a do j in na sliki 3:

- a – Začetek skoka, skakalec miruje.
- b – Skakalec se z največjim pospeškom giblje navzdol, hitrost navzdol najhitreje narašča.
- c – Skakalec se navzdol premika enakomerno in je v tem trenutku nekje na pol poti v polčepeči položaj. Hitrost gibanja navzdol je največja.
- d – Skakalec je zdaj v najnižji legi, miruje. Od te točke se skakalec pričinja dvigati navzgor. Zelo pogosto stanje skakalca oziroma to fazo navpičnega skoka pripisujejo točki b.
- e – Delu grafa od točke d rečemo faza odriva. Sila na tehtnico je točno v tej točki ponovno enaka teži, torej je vsota sil na skakalca enaka nič. Skakalec je v stiku s ploščo tehtnice le z delom stopal. Hitrost gibanja navzgor je največja.
- f – To je točka, kjer se skakalec popolnoma »odlepi« od tehtnice. Sila na ploščo tehtnice je enaka nič.
- g – Skakalec v zraku doseže največjo višino skoka, miruje, po tem trenutku se prične pospešeno gibati nazaj proti plošči tehtnice.
- h – Predstavlja točko pristanka skakalca na tleh.
- i – Sila na ploščo tehtnice je največja, skakalec je podobno kot pri točki d v najnižji točki polčepečega položaja.
- j – Skakalec je ponovno v izravnanim pokončnem položaju, vsota sil nanj je enaka nič, skakalec miruje.

1. učna ura: Prosti pad

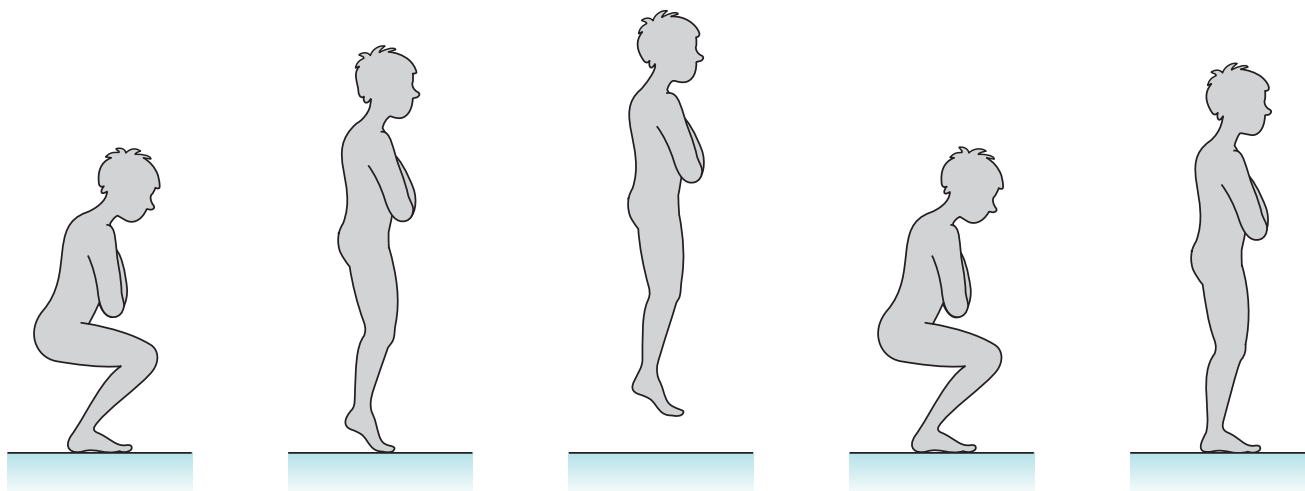
Operativni cilji:

- opišejo prosto padanje teles,
- raziščejo pospešek padanja in ga interpretirajo,
- znajo izračunati pot, če je začetna hitrost nič.

Zgradba učne ure

Uvod	Učitelj na začetku ure obrazloži, kako se bodo izvajale meritve. Predstavi merilno tehtnico, vmesnik in računalniški program. Ponovimo nekaj dejstev o pospešenem gibanju. V pogovoru z učenci opišemo skok, ki ga primerjamo z metanjem žogice navpično navzgor in s prostim padanjem togega telesa. Pogovorimo se o športih, kjer se navpični skoki zelo pogosto pojavljajo. Učenci opišejo njihovo izvedbo. Na začetku rešijo še vprašanja od 1 do 9 na učnem listu. Učitelj postavlja vprašanja, s katerimi ugotavlja, kako teža skakalca vpliva na višino skoka ter v čem se zaradi spola razlikujejo skoki. Za izvedbo poskusa določimo dva fanta in dve dekleti, ki bodo izvedli skok na štiri različne načine.
Jedro	Sledi izvajanje poskusa. Prvi poskus izvede učitelj. Izbere si eno verzijo skoka, na primer stoje z rokami pri miru, in razloži ter pokaže izvedbo, poleg tega pa še upravljanje programa pred odskokom in po doskoku. Nato prvi učenec stopi na tehtnico in izvede skok. Če graf ni značilen za pravilno izveden skok, se skok ponovi. Učenci eden za drugim izvajajo skoke v višino. Pri tem pazimo, da hkrati shranjujemo meritve, ki se učencem prikažejo na velikem zaslonu. Učenci po vseh skakalcih in verzijah skokov zapišejo rezultate v tabelo na učnem listu. Izpolnijo še tretji stolpec s polovičnim časom v zraku. Nato sledi računanje višine in dosežene hitrosti. Učenci primerjajo težo skakalcev, dosežene višine in hitrosti po spolu.
Zaključek	Na koncu učitelj skupaj z učenci pregleda učni list. Preveri, kako dobro učenci razumejo, kaj so pri uri merili, in kako so računali. Učencem naroči, naj dokončajo račune za vse učence. Učitelj z učenci preveri odgovore na učnem listu, primer računa pa učitelj ali učenec napiše na tablo.

Učni list: Prosti pad



Slika 7: Navpični skok

1. Navpični skok je sestavljen iz dveh vrst gibanja:

_____ in
_____.

2. V čem sta si podobna prosti pad in navpični met?

3. Naštej športe, pri katerih se navpični skoki pojavijo v eni od štirih oblik, ki smo jih spoznali.

4. Od česa je odvisna višina skoka?

5. Kolikšen je pospešek, s katerim telo prosto pada, in kaj to pomeni?

6. Kako sta si podobni začetna hitrost pri navpičnem metu in končna hitrost pri prostem padu, če zanemarimo upor zraka?

7. Zakaj lahko pri navpičnih skokih upor zraka zanemarimo? Odgovor utemelji.

8. Če poznamo čas, ki ga skakalec preživi v zraku, kako izračunamo čas padanja?

9. Kako se glasi enačba za izračun višine pri prostem padu?

10. V tabelo zapiši izmerke za skoke štirih učencev. Vpišemo tiste izmerke, ki smo jih razbrali iz meritev z odrivno ploščo. Iz znanih enačb določi neznane količine.

	F_g [N]	čas v zraku – t_o [s]	$t_o/2$ [s]	h [cm]	v_o [m/s]
1.					
2.					
3.					
4.					

Računi:

Višina skoka: $h = \frac{a\left(\frac{t_o}{2}\right)^2}{2}$

Odrivna hitrost: $v = \frac{gt^2}{2}$

2. učna ura: Drugi Newtonov zakon

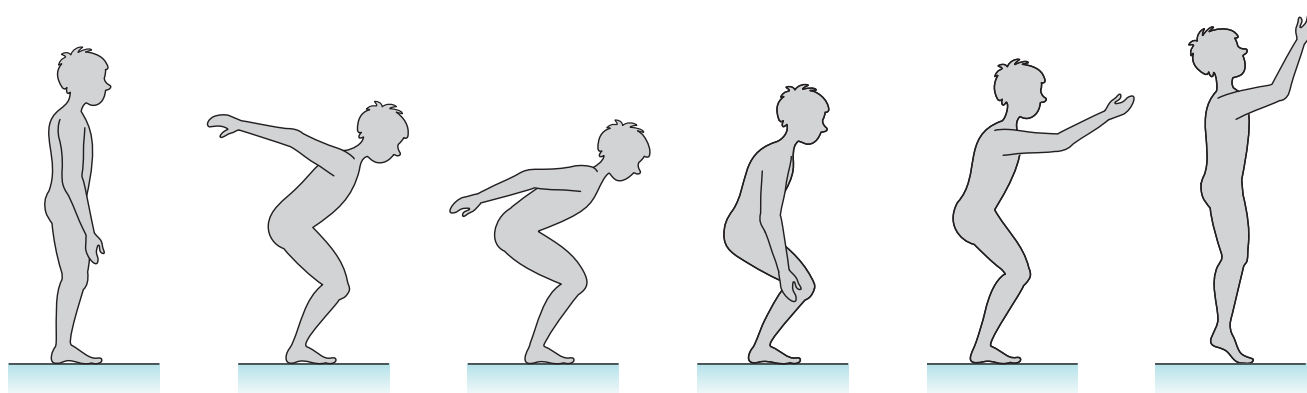
Operativni cilji:

- določijo rezultanto sil na telo,
- raziščejo pospešek skakalca,
- znajo izračunati pospešek skakalca v določenem trenutku.

Zgradba učne ure

Uvod	Pri učni uri bomo obravnavali pospešeno gibanje od trenutka, ko skakalec pred skokom počepne, do trenutka, ko se odlepi od tal (Slika 8). Učitelj ima na začetku ure dve možnosti. Lahko za to učno uro izvede nekaj meritev z učenci ali pa se naveže na uro prostega pada, ki jo je z učenci izvedel pri obravnavi prostega pada. Učitelj nato poda jasna navodila, na kateri del grafa moramo biti pozorni oziroma kateri del grafa predstavlja fazo odriva. Na skakalca med odrivom delujeta sila teže, ki kaže navzdol, in sila reakcije podlage, ki kaže navzgor. Težo skakalca izmerimo na začetku, ko skakalec stoji pri miru, silo reakcije podlage pa lahko tehtnica izmeri do 500-krat v sekundi.
Jedro	Sledi izvajanje poskusa oziroma odčitavanje meritev, ki smo jih opravili pri obravnavi prostega pada. Dela se lahko lotimo tako, da opazujemo skoke različnih učencev, različne verzije skokov enega učenca ali pa za določen skok izmerimo pospeške v različnih trenutkih odriva. Skupaj z učenci na primer določimo pospešek v trenutku, ko na tehtnico deluje največja sila, to je v začetni fazi pospeševanja navzgor. Učenci, ali en izbran učenec, z grafa razberejo trenutek, ko je sila največja. Izpišemo ta podatek in podatek o teži skakalca oziroma sili, ki jo kaže odrivna plošča, ko učenec miruje. Iz omenjenih podatkov izračunamo rezultanto vseh sil. Ponovimo, da je pospešek telesa med drugim odvisen od rezultante vseh sil na telo. Maso skakalca izrazimo iz znane enačbe: $F_g = mg \rightarrow m = \frac{F_g}{g}$. Rešijo še preostanek učnega lista.
Zaključek	Učitelj skupaj z učenci pregleda izračunane pospeške. Skupaj z učenci komentira rezultate. Učitelj z učenci preveri preostale odgovore na učnem listu, primer računa pa učitelj ali učenec napiše na tablo.

Učni list: Drugi Newtonov zakon



Slika 8: Skakalec

1. Kaj nam pove drugi Newtonov zakon?

2. Kako določimo rezultanto oziroma vsoto sil na telo?

3. Kdaj je pospešek skakalca največji? Kolikšna je takrat rezultanta vseh sil na skakalca?

4. Od česa je odvisen pospešek skakalca?

5. Kdaj skakalec med odrivom preneha pospeševati?

6. Ali je lahko pospešek skakalca med odrivom tudi negativen? Utemelji.

7. Ali je med odzivom rezultanta sil na skakalca v katerem koli trenutku enaka nič? Če je, kdaj?

8. Ali večja sila na tehtnico pomeni tudi večji pospešek, če izvajamo meritve za različne skakalce?

9. Kako večja teža skakalca vpliva na pospešek? Razloži.

10. V tabelo zapiši izmerke za štiri učence. Vpišemo tiste izmerke, ki smo jih razbrali iz meritev z odzivno ploščo. Iz enačb izračunaj zahtevane količine.

	F_g [N]	F_{max} [N]	F_R [N]	m [kg]	a [m/s ²]
1.					
2.					
3.					
4.					

Računi:

Rezultanta sil: $F_R = F_{max} - F_g$

Pospešek skakalca: $a = \frac{F_R}{m}$

Učni list: Prosti pad – odgovori na vprašanja

1. Navpični skok je sestavljen iz dveh vrst gibanja: enakomerno pojemajoče (navpični met) in enakomerno pospešeno (prosti pad).
2. V čem sta si podobna prosti pad in navpični met?
Pri obeh je gibanje pospešeno, razlikujeta se po smeri pospeška. V obeh primerih je gibanje premo.
3. Naštej športe, pri katerih se navpični skoki pojavijo v eni od štirih oblik, ki smo jih spoznali.
Ti športi so: odbojka, košarka, nogomet, skok v višino, gimnastika.
4. Od česa je odvisna višina skoka?
Višina skoka je odvisna od odzivne hitrosti. Nanjo vplivajo vsota sil na skakalca pri odzivu, masa telesa (pospešek) in trajanje odziva.
5. Kolikšen je pospešek, s katerim telo prosto pada, in kaj to pomeni?
Telo pada s težnim pospeškom, to pomeni, da se padajočemu telesu hitrost vsako sekundo poveča za 10 m/s (če zanemarimo upor).
6. Kako sta si podobni začetna hitrost pri navpičnem metu in končna hitrost pri prostem padu, če zanemarimo upor zraka?
Začetna in končna hitrost sta v obeh primerih enaki.
7. Zakaj lahko pri navpičnih skokih upor zraka zanemarimo? Odgovor utemelji.
Upor lahko zanemarimo zato, ker so hitrosti majhne in skok traja zelo kratek čas.
8. Če poznamo čas, ki ga skakalec preživi v zraku, kako izračunamo čas padanja?
Čas padanja je enak polovici časa, ki ga skakalec preživi v zraku.
9. Kako se glasi enačba za izračun višine pri prostem padu?
$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Učni list: Drugi Newtonov zakon – odgovori na vprašanja

1. Kaj nam pove drugi Newtonov zakon?
Drugi Newtonov zakon nam pove, da je rezultanta sil na telo enaka produktu mase in pospeška.
2. Kako določimo rezultanto oziroma vsoto sil na telo?
Pri konkretnem primeru seštejemo silo teže in silo podlage tako, da upoštevamo predznake sil.
3. Kdaj je pospešek skakalca največji? Kolikšna je takrat rezultanta vseh sil na skakalca?
Pospešek skakalca je največji takrat, ko je vsota sil, ki delujejo nanj, največja. Ker se masa skakalca med skokom ne spreminja, je ob največji rezultanti sil tudi pospešek največji.
4. Od česa je odvisen pospešek skakalca?
Pospešek skakalca je odvisen od vsote sil nanj in od njegove mase.
5. Kdaj skakalec med odzivom preneha pospeševati?
Skakalec preneha pospeševati, ko je vsota sil nanj enaka nič oz. ko je sila podlage nasprotno enaka teži skakalca.
6. Ali je lahko pospešek skakalca med odzivom tudi negativen? Utemelji.
Da, lahko je tudi negativen. To je takrat, ko je sila podlage manjša od teže skakalca, vsota sil je takrat negativna oz. manjša od nič (kaže navzdol, telo se giblje navzgor).
7. Ali je med odzivom rezultanta sil na skakalca v katerem koli trenutku enaka nič? Če je, kdaj?
Da, je. Rezultanta sil je med odzivom enaka nič takrat, ko je sila podlage nasprotno enaka teži skakalca.
8. Ali večja sila na tehtnico pomeni tudi večji pospešek, če izvajamo meritve za različne skakalce?
Ni nujno, odvisno je tudi od mase. Pri veliko večji masi skakalca je lahko pri le malo večji vsoti sil pospešek manjši.
9. Kako večja teža skakalca vpliva na pospešek? Razloži.
Večja teža skakalca ima vzrok v večji masi skakalca. Večja masa pa zmanjša pospešek, saj sta masa in pospešek obratno sorazmerna.