

Merjenje gravitacijskega pospeška z videoanalizo

Klemen Leban

Osnovna šola Frana Erjavca Nova Gorica

Izvleček

Z uporabo aplikacij za videoanalizo postane pametni telefon merilna naprava za natančnejše merjenje časa. V pri-spevku je opisana uporaba pametnega telefona za merjenje gravitacijskega pospeška. V času pouka na daljavo so učenci sami merili in izračunali gravitacijski pospešek in energije.

Ključne besede: videoanaliza, težni pospešek, energija

Measuring Gravitational Acceleration with Video Analysis

Abstract

By using applications for video analysis, a smartphone becomes a measuring device for precise measurements of time. The article describes the use of a smartphone for measuring gravitational acceleration. During distance lessons, the pupils measured and calculated gravitational acceleration and energies by themselves.

Keywords: video analysis, gravitational acceleration, energy

Uvod

Velika večina osnovnošolcev ima pametni telefon z visokoločljivostno kamero. To je pripomoček, ki ga učenci lahko uporabljajo za videoanalizo gibanja, saj jim omogoča preprosto merjenje razdalj in časov z veliko natančnostjo. Tako lahko izmerijo tudi podatke, ki jih uporabijo pri določanju gravitacijskega pospeška na Zemlji.

Velika večina osnovnošolcev ima pametni telefon z visokoločljivostno kamero.

Operativni cilji

V učnem načrtu za fiziko [1] v devetem razredu najdemo naslednje operativne cilje, ki jih lahko učenci poizkušajo doseči z videoanalizo gibanja.

Enakomerno pospešeno gibanje

Učenci:

- analizirajo, kako se s časom spreminja hitrost pri enakomerno pospešenem gibanju (E),
- usvojijo pojme začetna, končna in povprečna hitrost,
- spoznajo pojem trenutna hitrost,
- usvojijo, da je pospešek količnik spremembe hitrosti in časa,
- razložijo, kako izračunamo pospešek,
- uporabijo enačbo za računanje pospeška.

Prosto padanje

Učenci:

- opišejo prosto padanje teles,
- raziščejo pospešek padanja in ga interpretirajo.

Namestitev aplikacije VidAnalysis free

Aplikacija VidAnalysis je ena od brezplačnih aplikacij, ki omogočajo videoanalizo gibanja s pametnim telefonom [2]. Opisal sem delo s to aplikacijo. Na voljo so še številne druge, ki jih poiščete s ključnima besedama »video analysis«. Že pred splošno uporabo pametnih telefonov je obstajalo veliko programske opreme za videoanalizo posnetka na osebni računalnik, aplikacije na pametnih telefonih pa omogočajo tudi terensko delo.



Aplikacija VidAnalysis je ena od brezplačnih aplikacij, ki omogočajo videoanalizo gibanja s pametnim telefonom.

Uporaba aplikacije VidAnalysis free

V aplikacijo VidAnalysis lahko iz galerije vnesete že posnet film, omogoča pa tudi snemanje s kamero in naknadno obdelavo posnetka. Z VidAnalysis ni mogoče samodejno slediti označenemu predmetu na posnetku, aplikacija pa ponuja možnost določitve referenčne razdalje. Sami nato označimo točke v videoposnetku, kje je predmet ob določenem trenutku, aplikacija pa potem sama iz podatkov izračuna razdaljo, hitrost in nariše ustrezna grafa.

Video analizo sem sam izvedel tako, da sem napravil posnetek, kjer je razvidna tudi referenčna razdalja (merilni trak, merilna letev ...).

Ko sem naložili posnetek, sem si ga lahko ponovno ogledal in ga ustavil na katerem koli slikovnem okvirju z natančnostjo 0,033 s in že iz samega slikovnega okvirja razbiral razdaljo.

Merjenje gravitacijskega pospeška z uporabo aplikacije VidAnalysis free

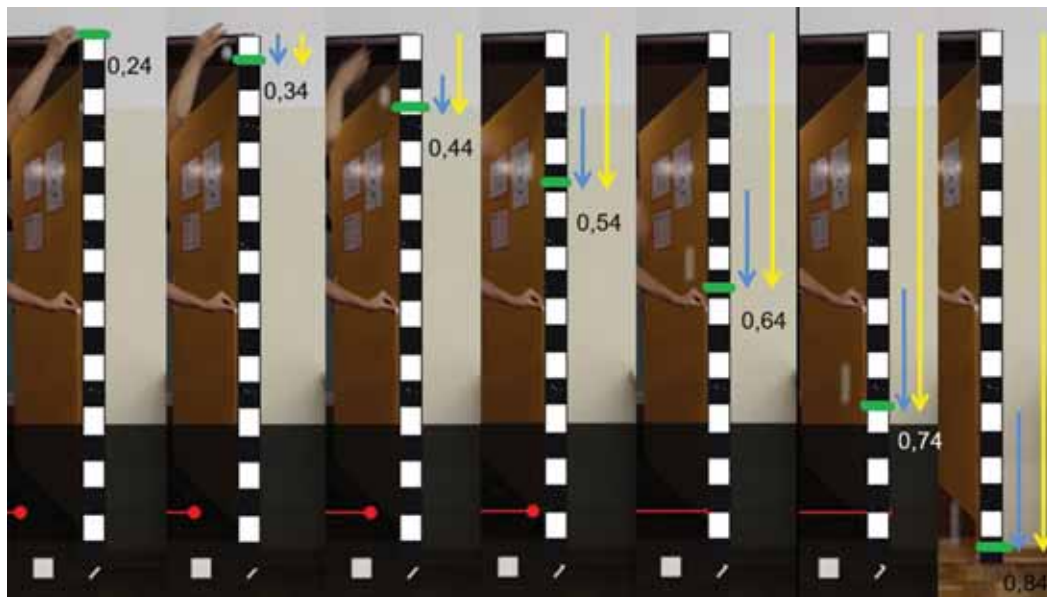
Sam sem z aplikacijo VidAnalysis izvajal eksperimentalno delo merjenja gravitacijskega pospeška. Pri tem sem z višine 2 m (vhodna vrata) spustil žogo. Ob vrata sem za referenco prepotovane razdalje nalepil merilni trak dolžine 2 m z natančnostjo 10 cm. Čase sem odčitaval s posnetka.

Posnetek sem v aplikaciji previl na začetek padanja žoge, na posnetku je to 0,24 s. Ta trenutek sem pri merjenju uporabil kot čas 0 s.



Slika 1: Na 0,24 sekunde je trenutek, ko spustim žogo.

Sam sem z aplikacijo VidAnalysis izvajal eksperimentalno delo merjenja gravitacijskega pospeška.



Slika 2: Posamezne slike prostega pada žoge, nanizane zaporedno druga za drugo.

Nato sem z aplikacijo premikal posnetek za 0,1 s ter vsakič posebej v tabelo vpisal tudi spremembo razdalje, ki jo opravi žoga, ko pada ob merilni letvi. Na videoposnetku je slika narejena vsake 0,0333 s oziroma so v 0,1 s enakomerno razporejene tri slike. V aplikaciji VidAnalysis sem med posameznim časovnim okvirjem prevrtil tri slike in tako prebral prepotovano razdaljo žoge med prostim padom v času 0,1 s.

Rezultati so navedeni v tabeli 1, vneseni pa so bili ročno z razbiranjem prepotovanih razdalj z videoposnetka.

Na videoposnetku je slika narejena vsake 0,0333 s oziroma so v 0,1 s enakomerno razporejene tri slike.

Tabela 1: Meritve in izračuni hitrosti ter pospeška.

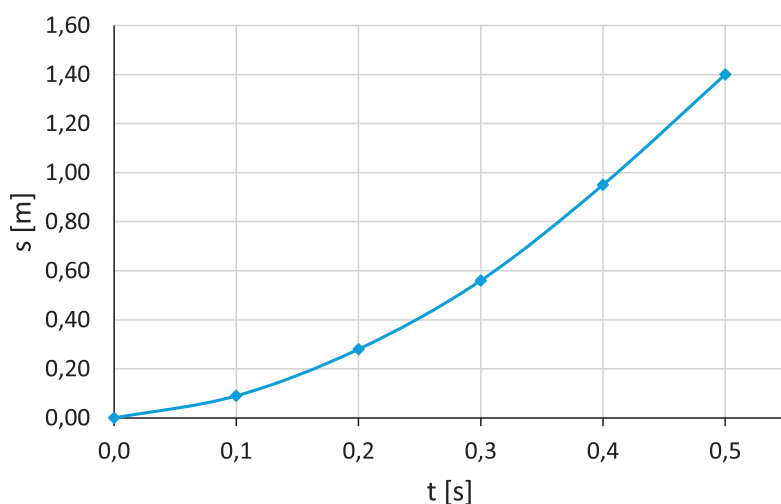
t (s)	s (m)	Δt (s)	Δs (m)	v (m/s)	a (m/s ²)
0,0	0,00	0,10	0,00	0,00	
0,1	0,09	0,10	0,09	0,90	9,00
0,2	0,28	0,10	0,19	1,90	10,00
0,3	0,56	0,10	0,28	2,80	9,00
0,4	0,95	0,10	0,39	3,90	11,00
0,5	1,40	0,10	0,45	4,50	6,00
				Povprečje:	9,00

Tako sem dobil dva podatka: trenutni čas t in trenutno razdaljo s od izhodišča od začetka merjenja. Ta podatka sta mi omogočila izračun spremembe časa Δt in spremembe poti Δs , ki se zgodi vsako desetinko sekunde. S pomočjo Δt in Δs sem lahko izračunal trenutno hitrost v , nato pa tudi pospešek a oziroma g . Podatki in izračuni so zbrani v tabeli 1. Za izračune sem uporabil spodaj navedene zveze:

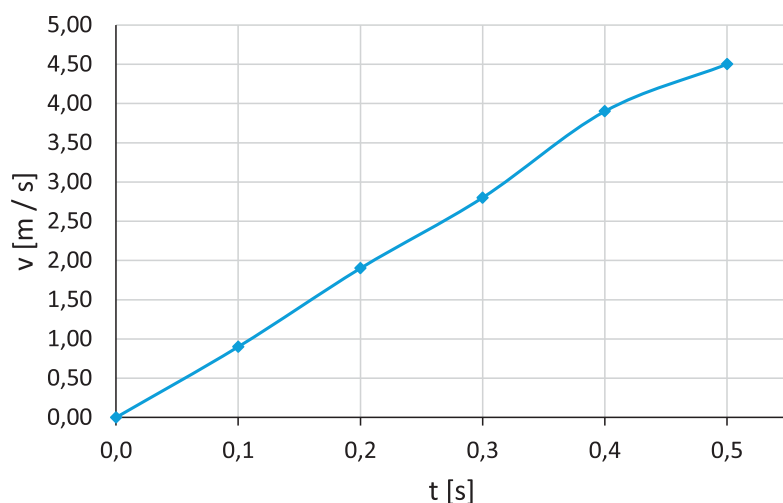
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{in} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

$a = g = \text{sprememba hitrosti med vsako desetinko sekunde} / 0,1 \text{ s}$.

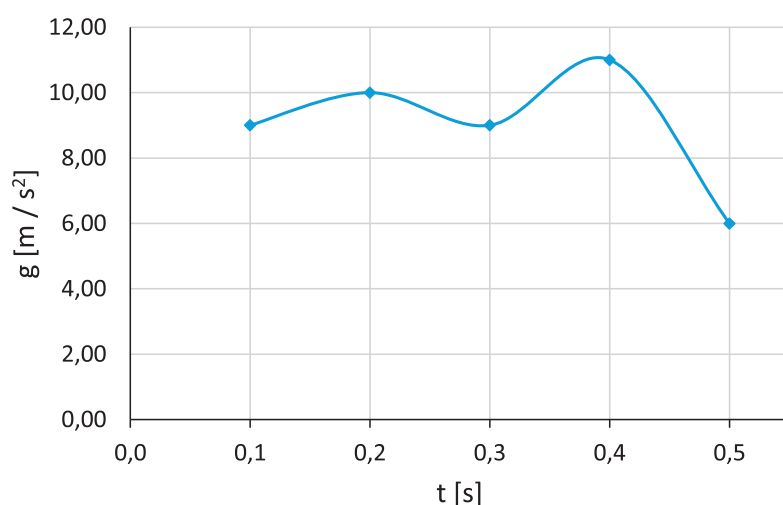
Podatke sem predstavil z grafi $s(t)$, $v(t)$ in $g(t)$.



Slika 3: Graf prepotovane poti žoge v odvisnosti od časa.



Slika 4: Graf hitrosti žoge v odvisnosti od časa.



Slika 5: Graf gravitacijskega pospeška v odvisnosti od časa.

Merske napake se največkrat pojavijo v prvih dveh desetinkah merjenja. Ker so prepotovane razdalje takrat majhne, velika relativna napaka pri merjenju zelo vpliva na izračun gravitacijskega pospeška.

Če privzamemo, da ima žoga maso 0,05 kg, lahko za vsako desetinko sekunde izračunamo kinetično in potencialno energijo ter njuno vsoto. Za izračun kinetične energije uporabimo spodnjo zvezo:

$$W_k = \frac{m v^2}{2}.$$

Za izračun potencialne energije uporabimo višino žoge (slika 2, označba z zeleno barvo), izmerimo pa jo tako, da od višine vrat (2 m) odštejemo trenutno prepotovano pot žoge. Potencialno energijo izračunamo po spodnji zvezi:

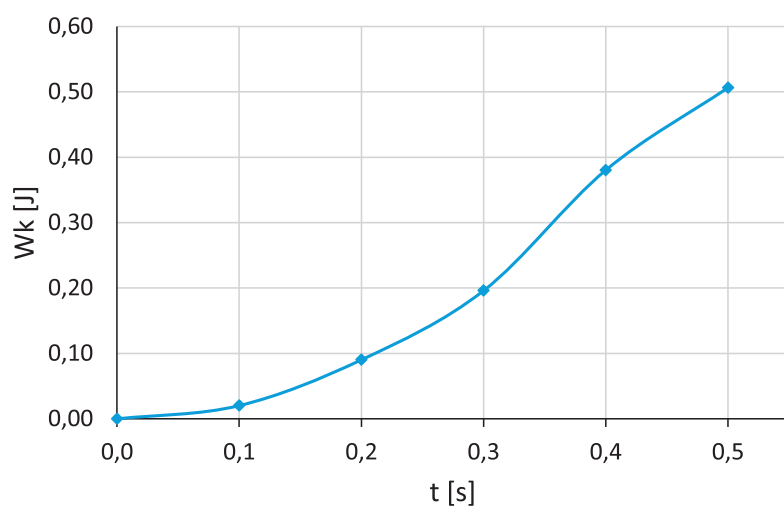
$$W_p = m g h, \text{ kjer za vrednost težnega pospeška vzamemo } 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Z grafa $W_k(t)$ in $W_p(t)$ je lepo razvidno spreminjanje energij, z grafa skupna energija (z) pa, da se skupna energija ohranja. Skupna energija se med padanjem nekoliko zmanjšuje, verjetno zaradi zračnega upora, ki pri majhnih hitrostih narašča linearno.

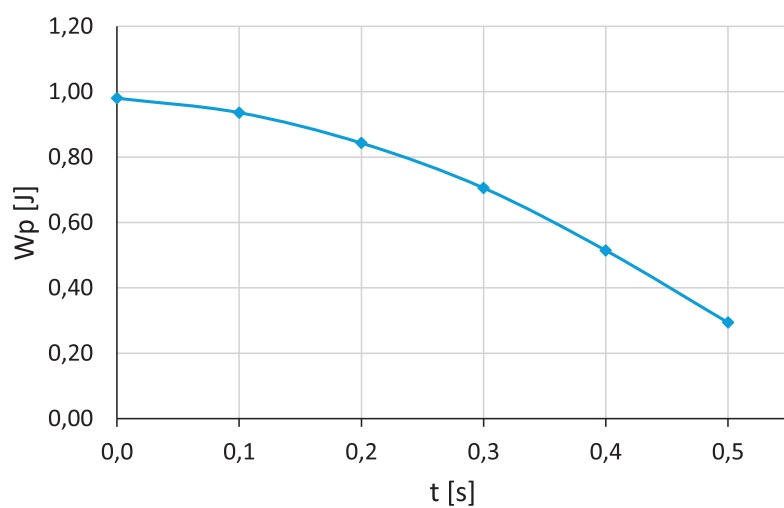
Če privzamemo, da ima žoga maso 0,05 kg, lahko za vsako desetinko sekunde izračunamo kinetično in potencialno energijo ter njuno vsoto.

Tabela 2: Izračuni energij.

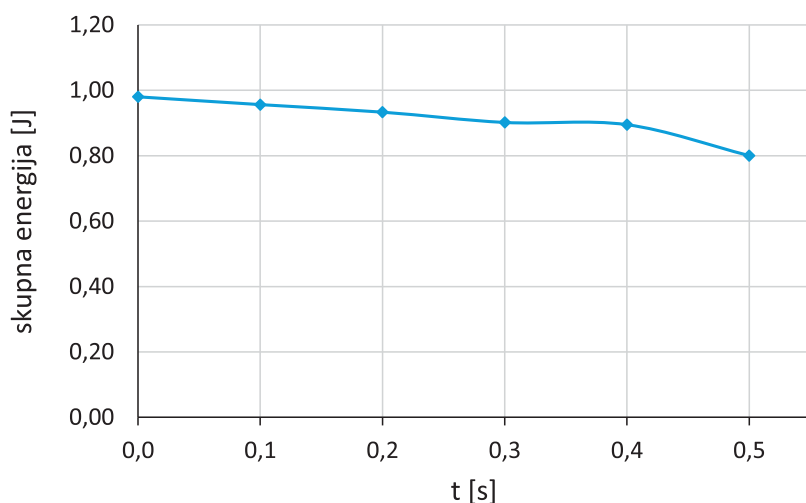
h (m)	W_k (J)	W_p (J)	W (J)
2,00	0,00	0,98	0,98
1,91	0,02	0,94	0,96
1,72	0,09	0,84	0,93
1,44	0,20	0,71	0,90
1,05	0,38	0,51	0,89
0,60	0,51	0,29	0,80



Slika 6: Graf odvisnosti kinetične energije žoge od časa.



Slika 7: Graf odvisnosti potencialne energije žoge od časa.



Slika 8: Graf odvisnosti skupne energije žoge od časa.

Pouk na daljavo

Merjenje gravitacijskega pospeška sem izvedel v devetem razredu v času pouka na daljavo. Učencem sem pripravil navodila, ki so jih prebrali, in učni list, ki so ga morali izpolniti. Oboje najdete na tej povezavi: <https://qr.go.page.link/hjNic>.



Zaključek

Uporaba aplikacije za videoanalizo je preprosta in natančna metoda analize gibanja. V članku je opisano merjenje pospeška, kinetične in potencialne energije ter celo energijskih izgub. Aplikacija je zelo primerna za učence, saj ti večinoma znajo uporabljati pametne telefone. Z njo lahko zelo natančno izmerijo fizikalne količine, v našem primeru čas in lego. V času pouka na daljavo so vsi učenci devetih razredov po navodilih opravili meritve in izračunali gravitacijski pospešek ter kinetično in potencialno energijo žoge v različnih legah.

Videoanalizo uporabljajo pri vseh športih. Je učinkovita metoda za opazovanje različnih gibanj (odriv, štart pri sprintu, gibanje žoge ob udarcu ...), zato bi se bilo smiselno povezati z učitelji športa in tako razviti za učence zanimive medpredmetne ure.

Uporaba aplikacije za videoanalizo je preprosta in natančna metoda analize gibanja.

Literatura

- [1] Fizika, Učni načrt: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf, 5. 4. 2020
- [2] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free>, 5. 4. 2020