

Nemi eksperimenti

Dr. Marko Jagodič

II. gimnazija Maribor

Izvleček

Nemi eksperimenti so videoposnetki fizikalnih eksperimentov, posneti brez komentarjev, ki jih lahko učitelji uporabijo pri izvedbi učnih ur na daljavo ali v razredu kot demonstracijske eksperimente, nadomestek za eksperimentalne vaje med poukom na daljavo ali kot fizikalne naloge. V prispevku so predstavljeni trije primeri uporabe nemih eksperimentov. Videoposnetki eksperimentov ne morejo v celoti nadomestiti eksperimentov v razredu, ima pa eksperimentiranje na daljavo tudi svoje prednosti. Učenci razvijajo veščino opazovanja, iz množice informacij, ki so vidne na posnetku, pa morajo razbrati in izbrati tiste, ki so pomembne za rešitev problema.

Ključne besede: nemi eksperimenti, pouk na daljavo, demonstracijski eksperiment, eksperimentalna vaja, fizikalna naloga

Silent Experiments

Abstract

Silent experiments are videos of physics experiments without any commentary that teachers can use in remote learning or in classes as demonstration experiments, instead of experimental exercises in remote learning or as physics tasks. The article introduces three examples of how silent experiments can be used in teaching. While videos of experiments cannot fully replace practical hands-on experiments in class, remote experimentation has its own advantages: students develop observation skills and learn how to discern and select from the multitude of information in the video that which is relevant for the solution of the problem.

Keywords: silent experiments, remote learning, demonstration experiment, experimental exercise, physics task

Uvod

Med epidemijo, ko pouk poteka (tudi) na daljavo, imamo še posebej težko delo učitelji naravoslovnih predmetov. Bistven del našega pouka so namreč demonstracijski eksperimenti in eksperimentalne vaje, ki pa jih je, vsaj tako se zdi, na daljavo težko izvajati. Nazorno izvajanje fizikalnih eksperimentov v živo prek zooma je skoraj nemogoče, zato se kot edina možnost ponuja prikaz videoposnetkov eksperimentov. Snemanje lastnih eksperimentov je časovno potratno, zato posnetke običajno poiščemo na spletu, kjer pa raven razlag pogosto ni primerna za naše učence ali dijake (v nadaljevanju učenci), povrh pa so včasih še v tujem jeziku.

Zato se je porodila ideja o zbirki videoposnetkov, ki so posneti brez komentarjev in v obliki, ki omogoča najširšo uporabo. Zbirka, ki se stalno dopolnjuje, je dosegljiva na spletni strani Nemi eksperimenti [1]. Uporaba videoposnetkov je brezplačna, lahko se prenesejo na računalnik in se poljubno vključujejo v učne ure na daljavo (sinhrono ali asinhrono) ali v razredu. Pokrivajo področja

mehanike, termodinamike, elektrike in magnetizma, nihanja in valovanja ter moderne fizike.

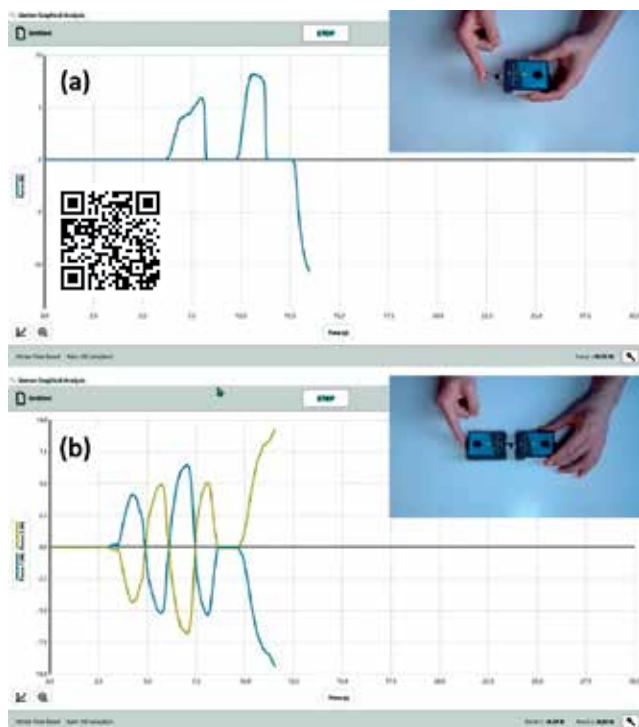
Neme eksperimente lahko uporabljamo kot demonstracijske eksperimente, kot nadomestek za eksperimentalne vaje med poukom na daljavo ali kot inovativne fizikalne naloge.

Nemi eksperimenti kot demonstracijski eksperimenti

Učitelj lahko videoposnetkom demonstracijskih eksperimentov doda lastne komentarje, kar učencem zelo pomaga. Le učitelj namreč ve, kakšna raven je primerna zanje in kakšno je njihovo predznanje. Najenostavnejše je, če učitelj videoposnetke predvaja prek zooma in jih istočasno komentira. Pri tem lahko posnetek po potrebi ustavlja, ga predvaja s spremenjeno hitrostjo ali pa dele posnetka preskoči. Če je učitelj več uporabe programov za urejanje videoposnetkov,

lahko svoje komentarje tudi trajno vključi v videoposnetek. Velika prednost posnetih demonstracijskih eksperimentov je tudi to, da si jih učenci lahko ponovno ogledajo.

Primer demonstracijskega eksperimenta je demonstracija 3. Newtonovega zakona [2]. Na videoposnetku je najprej predstavljeno delovanje brezžičnega Vernierjevega silomera [3] (Slika 1 a). Dva takšna silomera nato povežemo z vijakom in z neenakomernim pritiskanjem ter vlečenjem pokažemo, da sta izmerjeni sili zmeraj enaki po velikosti in nasprotno usmerjeni (Slika 1 b).



Slika 1: Prikaz delovanja brezžičnega silomera (a) in demonstracija 3. Newtonovega zakona z dvema silomeroma (b). Na videoposnetku sta sočasno prikazana graf časovne odvisnosti sil in posnetek izvedbe eksperimenta. Skeniranje QR-kode omogoča hiter dostop do videoposnetka.

Največja prednost videoposnetkov demonstracijskih eksperimentov pred izvedbo v razredu je nazornost prikaza. V primeru demonstracije 3. Newtonovega zakona bi učenci v razredu sicer videli projekcijo časovne odvisnosti sil, ne bi pa dobro videli same izvedbe eksperimenta. Učitelj bi sicer lahko hkrati prikazoval oba pogleda, bi pa bila izvedba tehnično zahtevna, še posebej, če pomislimo, da bi jo moral ponoviti večkrat. Kjer je smiselno, lahko tudi v razredu demonstracijo nadomestimo z videoposnetkom, saj je ta časovno ugodnejša, še posebej prav pa pride takrat, ko za demonstracijo v živo na šoli ni ustrezne opreme. Nikakor pa ne smejo videoposnetki

v celoti nadomestiti demonstracijskih eksperimentov, ki jih izvajamo v živo.

Nemi eksperimenti kot eksperimentalne vaje

Vemo, da ima raziskovanje, ki naj bi ga eksperimentalna vaja delno ali v celoti simulirala, različne vidike in stopnje. Ob raziskovanju se razvijajo različne veščine. Primer delitve raziskovanja na posamezne korake povzema Slika 2.

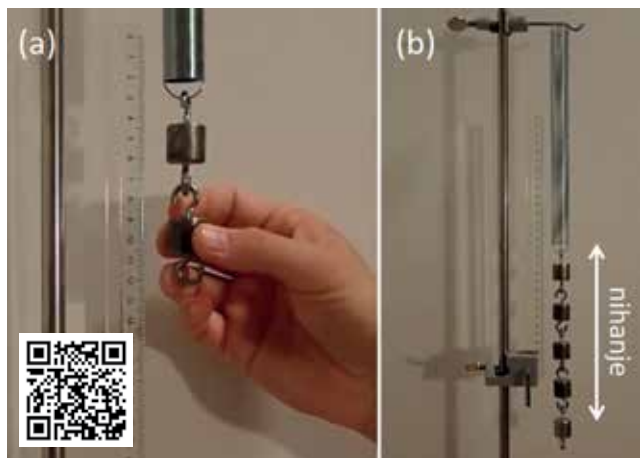


Slika 2: Veščine raziskovanja v posameznih korakih raziskave [4].

Raziskovanje na daljavo lahko vsebuje vse omenjene korake, namesto lastne izvedbe pa učenci opazujejo posnetek izvedbe eksperimenta. To pa ne pomeni, da učenci sami ne izvajajo meritev, saj so lahko posnetki eksperimentov zasnovani tako, da učenci sami odčitajo vrednosti z merilnikov ali pa celo uporabijo lastnega (npr. štoparica in merilnik frekvence zvoka na mobilnem telefonu). Pri eksperimentalnih vajah v razredu se pogosto zaradi časovnih omejitev preveč osredotočimo na samo izvedbo eksperimenta, nekaterim drugim korakom pa posvetimo premalo pozornosti. Uporaba nemih eksperimentov kot nadomestkov za eksperimentalne vaje med poukom na daljavo je lahko zato priložnost, da se posvetimo razvijanju drugih eksperimentalnih veščin. Pri tem bi poudarili, da pri fiziki, predvsem v gimnaziji, redko postavljamo hipoteze, saj vrednosti fizikalnih količin ali funkcijskih odvisnosti med njimi običajno ni mogoče napovedati.

Primer nemega eksperimenta kot eksperimentalne vaje je vaja **Nihajni čas vzmetnega nihala** [5]. Na začetku videoposnetka je prikazano tehtanje ene izmed uteži.

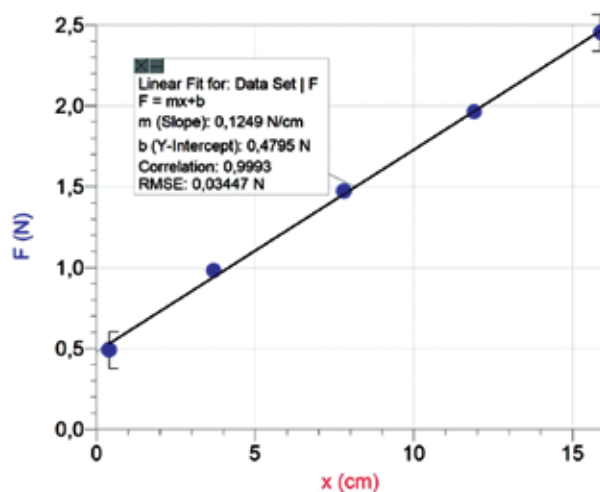
Naslednji kader prikazuje dodajanje uteži in posledično raztezanje vzmeti (Slika 3). Na koncu videoposnetka nihalo izmaknemo iz ravnovesne lege in ga pustimo, da zaniha. Namen eksperimentalne vaje je izmeriti nihajni čas nihala in ga primerjati z nihajnim časom, ki ga izračunamo z maso ter prožnostnim koeficientom vzmeti z uporabo enačbe $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$.



Slika 3: Določanje prožnostnega koeficienta z merjenjem raztezka vzmeti (a) in nihajnega časa vzmetnega nihala (b). Skeniranje QR-kode omogoča hiter dostop do videoposnetka.

Navodilo za učence je lahko bolj ali manj podrobno, kar je odločitev učitelja. Kadar je navodilo učencem zgolj opis namena naloge, brez opisa posameznih raziskovalnih korakov, si morajo učenci sami postaviti konkretna raziskovalna vprašanja, npr. »Kolikšen je prožnostni koeficient vzmeti?« Z opazovanjem eksperimenta morajo učenci razbrati, zapisati in urediti podatke, na podlagi katerih z ustreznimi sklepi in izračuni oblikujejo sklepe. V primeru vaje *Nihajni čas vzmetnega nihala* morajo zabeležiti maso stehtane uteži, sklepati, da imajo preostale uteži enako maso, zabeležiti raztezke vzmeti pod vplivom teže uteži in nato še neposredno izmeriti nihajni čas nihala. Pri slednjem si lahko pomagajo s počasnim predvajanjem videoposnetka, kar omogoča večjo natančnost meritve časa. Preden lahko nihajni čas izračunajo, morajo določiti prožnostni koeficient vzmeti. Pri tem morajo opaziti, da je raztezek vzmeti, ko dodamo prvo utež, manjši od raztezkov pri dodajanju naslednjih uteži. Razlog za to je, da so oboji neobremenjene vzmeti stisnjeni drug ob drugega in da je potrebna določena sila, da vzmet sploh začnemo raztegovati. Najnatančnejše prožnostni koeficient določijo iz naklona premice na grafu, ki prikazuje odvisnost sile od raztezka (Slika 4). Prav določanje prožnostnega koeficienta je problemska situacija, ki jo lahko dijaki analizirajo in opišejo.

Evalvacija rezultatov lahko vsebuje primerjavo obeh nihajnih časov, opis razlogov za morebitno neujemanje in predloge izboljšav eksperimenta. Ob pisanju poročila o eksperimentalni vaji se učenci urijo v znanstveni ko-



Slika 4: Graf odvisnosti sile od raztezka s premico, ki se izmerkom najboljše prilega. Podatki so bili narisani in analizirani v programu Logger Pro [6].

munikaciji. Vidimo, da opisana eksperimentalna vaja v večji meri omogoča razvijanje vseh raziskovalnih veščin, nekaterim pa se lahko posvetimo celo bolj kot v razredu. Manjka le lastna izvedba eksperimenta, kar pa ne pomeni, da učenec med izvedbo vaje ni meril.

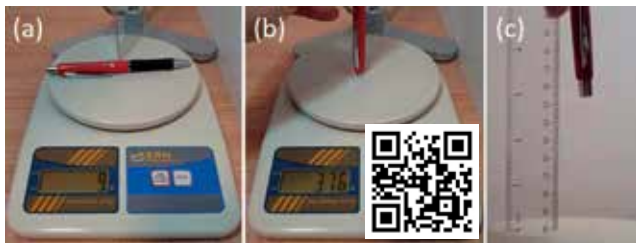
Nemi eksperimenti kot fizikalne naloge

Še posebej zanimiva je uporaba nemih eksperimentov kot podlage za inovativne fizikalne naloge. Fizikalne naloge na podlagi videoposnetka eksperimentov namreč temeljijo na resničnih podatkih, lahko imajo podanih več informacij in podatkov, kot je potrebnih za rešitev, lahko so odprtega ali zaprtega tipa, lahko imajo več mogočih rešitev in od učencev lahko zahtevajo, da vrednosti določenih količin in zvez med njimi ocenijo.

Primer naloge na podlagi videoposnetka je naloga **Odskok kemičnega svinčnika** [7]. Namen naloge je čim natančneje določiti začetno hitrost kemičnega svinčnika, ki zaradi vgrajene vzmeti odskoči od podlage. Eksperiment ima tri različne faze. Prvi kader videoposnetka prikazuje tehtanje kemičnega svinčnika (Slika 5 a). Nato videoposnetek prikaže pritiskanje svinčnika ob tehtnico, iz česar je mogoče določiti silo na kemični svinčnik tik pred odskokom (Slika 5 b), nazadnje pa sledi počasni posnetek odskoka svinčnika ob ravnilu, iz katerega lahko določimo največjo višino, ki jo svinčnik ob odskoku doseže (Slika 5 c).

Naloga se lahko reši z različnimi pristopi, med katerimi so najpogostejši določanje začetne hitrosti:

- iz časa leta,
- neposredno iz videoanalize,



Slika 5: Različne faze eksperimenta pri nalogi *Odskok kemičnega svinčnika*: tehtanje kemičnega svinčnika (a), merjenje sile na kemični svinčnik tik pred odskokom (b) in merjenje največje višine, ki jo doseže kemični svinčnik pri odskoku. Skeniranje QR-kode omogoča hiter dostop do videoposnetka.

- iii) z enačenjem največje prožnostne in največje kinetične energije ter
- iv) z enačenjem začetne kinetične in največje potencialne energije.

Težava pristopov i) in ii) je, da v navodilu in videoposnetku ni določeno, s koliko slikami na sekundo je posnet počasni posnetek odskoka kemičnega svinčnika. Brez tega podatka je izračunana začetna hitrost zagotovo napačna. Najiznajdljivejši učenci so število slik na sekundo določili iz prostega padanja svinčnika nazaj proti tlu, saj vemo, da mora padati s težnim pospeškom. Ta pristop je precej zapleten, rezultat pa je običajno precej nenatančen. Pri pristopu iii), ki je zelo pogost, učenci iz izmerjene sile in skrčka vzmeti, ki ga lahko razberemo z videoposnetka, najprej določijo prožnostni koeficient

vzmeti, nato pa izračunajo prožnostno energijo tik pred odskokom. Le-to enačijo z največjo potencialno energijo, pri čemer morajo upoštevati tudi maso svinčnika, ki pa je izmerjena z veliko relativno napako. Največjo napako naredijo ob predpostavki ohranitve energije, ki zaradi izgub v samem mehanizmu kemičnega svinčnika ni upravičena. Tako določena začetna hitrost je prevelika. Najnatančnejši rezultat dobijo učenci, ki uporabijo pristop iv. Pri tem predpostavijo ohranitev energije med poskokom, tako da enačijo začetno kinetično in največjo potencialno energijo, pri čemer pa pri izračunu ne uporabijo mase kemičnega svinčnika, skrčka vzmeti in sile nanjo. To marsikaterega učenca odvrne od uporabe tega pristopa, saj se mu zdi, da mora uporabiti vse podatke. Učenci lahko svoj rezultat preverijo sami, če jim izdamo, da je bil počasni posnetek odskoka kemičnega svinčnika posnet s 480 slikami na sekundo.

Zaključek

Neme eksperimente, ki so posneti tako, da jih lahko prilagodimo potrebam svojih učencev, lahko različno uporabimo, in sicer kot demonstracije, eksperimentalne vaje ali fizikalne naloge. Čeprav videoposnetki eksperimentov ne morejo in ne smejo v celoti nadomestiti eksperimentiranja v živo, so dober dodatek k razvijanju eksperimentalnih veščin, še posebej med poukom na daljavo. Imajo pa veliko prednosti, zaradi katerih jih je smiselno uporabiti tudi pri delu v razredu. Zbirka nemih eksperimentov je dosegljiva na spletni strani Nemi eksperimenti [1].

Viri

- [1] <https://sites.google.com/druga.si/nemi-eksperimenti/>
- [2] <https://youtu.be/RvtsHX3KcPI> (21. 3. 2021)
- [3] <https://www.vernier.com/product/go-direct-force-and-acceleration-sensor/> (21. 3. 2021)
- [4] Skvarč, M., idr. (2018). *Spodbujanje razvoja veščin znanstvenega raziskovanja s formativnim spremljanjem*. Ljubljana: ZRSŠ (dosegljivo na: <https://www.zrss.si/pdf/VescineZnanstvenegaRaziskovanja.pdf>)
- [5] https://youtu.be/tYb1o26_3kg (21. 3. 2021)
- [6] <https://www.vernier.com/product/logger-pro-3/> (23. 3. 2021)
- [7] https://youtu.be/QcogKU_GBEk (22. 3. 2021)