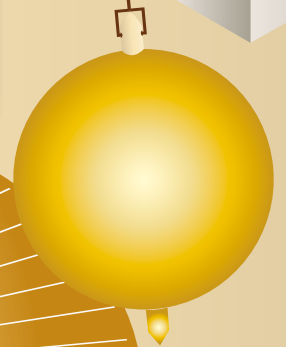


Anjuli Ahooja · Corina Toma · Damjan Štrus · Dionysis Konstantinou · Maria Dobkowska · Mirosław Los
Učenci: Nandor Licker und Jagoda Bednarek

C

Nihajoča telesa



UVOD

Nihala so vse naokoli. Vsi zvoki nastajajo zaradi nihajočih virov. Preučevanje nihanja ni najenostavnejša zadeva, smo pa jo razgradili na preprosti pojem gibanja vzmeti in nihala.

Ta enota je namenjena učencem, starim od 14 do 16 let (I. stopnja) in od 17 do 19 let (II. stopnja). Uporabljeni predmeti so: fizika, matematika ter informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT).

I. stopnja

Učenci postavijo vzmet ali nihalo in ju zanihajo. Opazujejo preprosto gibanje in nihanje posnamejo z videokamero ali mobilnim telefonom. S programom Tracker ali VirtualDub (glej dodatek) analizirajo videoposnetke (sličico za sličico), da določijo značaj gibanja (odvisnost odmika od časa). S temi videoposnetki in grafično analizo lahko določijo frekvenco, časovno periodo, amplitudo in konstanto vzmeti ali težni pospešek nihala.

II. stopnja

A: Ti učenci postopajo enako kot mlajši učenci, diagram pa analizirajo podrobneje. Z videoposnetki in grafično analizo lahko opazujejo časovno spreminjanje odmika in lahko dobijo naslednje količine: frekvenco, časovno periodo, amplitudo, hitrost, pospešek in njihovo odvisnost od časa. Lahko tudi preverijo veljavnost zakona ohranjanja mehanske energije.

B: Učenci naj na nihajoče telo postavijo merilec pospeška. Tako lahko zabeležijo vrednosti pospeška in izračunajo periodo, hitrost, amplitudo, odmik ter kinetično in potencialno energijo. Potem izrišejo diagrame in lahko z dvema metodama preverijo parametre istega gibanja: z odvajanjem (odmik \rightarrow hitrost \rightarrow pospešek) in integracijo (pospešek \rightarrow hitrost \rightarrow odmik).

SREDSTVA

Pri delu v tej enoti učenci potrebujejo: digitalno videokamero, spletno kamero ali kamero na mobilnem telefonu; ravnilo ali drugo merilo (tega postavijo ob nihajoče telo, da je vidno na posnetku); različne vrste vzmeti, 3 do 4 telesa z različno težo, ki jih obesijo na vzmet; 3 do 4 nihala z različno dolžino; programsko opremo za videoanalizo, na primer Tracker ali VirtualDub; javanski program »Osc«, ki je na voljo na www.science-onstage.de.

JEDRO

Najpreprostejši mehanski nihalni sistem je telo z maso m na vzmeti ali nihalu (z majhnim nihajnim kotom). Telo se zaradi vztrajnosti mase giblje še naprej od točke ravnovesja. Z uporabo Newtonovega drugega zakona lahko privedemo do enačbe gibanja za nihajoče telo.

Učenci morajo prilagoditi enačbe za različne fizikalne količine.

I. stopnja

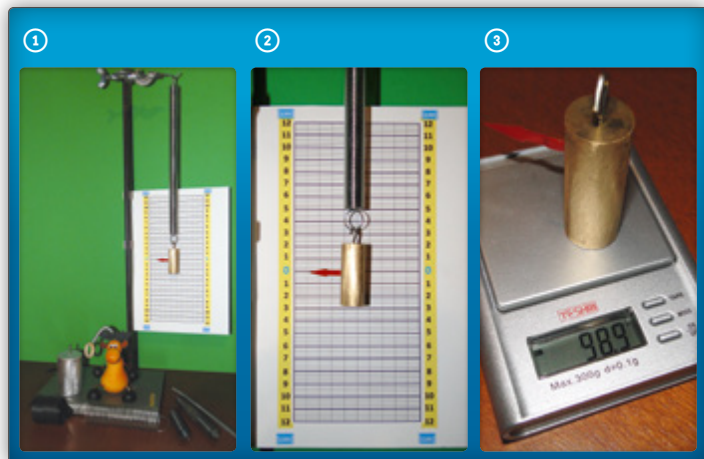
Učenci na I. stopnji priredijo naslednje fizikalne količine:

- Nihajno periodo vzmeti: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, pri čemer je m masa nihajočega telesa
- Nihajno periodo nihala: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, pri čemer je ℓ dolžina nihala, g pa težnostni pospešek

II. stopnja

Učenci na II. stopnji priredijo naslednje fizikalne količine:

- Silo vzmeti: $F = kx$, pri čemer je k vzmetna konstanta, x pa odmik nihajočega telesa
- Periode: za vzmet $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, pri čemer je m masa nihajočega telesa; za nihalo $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, pri čemer je ℓ dolžina nihala, g pa težnostni pospešek
- Odmik nihajočega telesa pri enostavnem harmoničnem nihanju: $x = A \sin(\omega t + \phi)$, pri čemer je A amplituda, ω kotna frekvenca, ϕ pa fazna konstanta
- Odmik nihajočega telesa pri dušenem nihanju: $x = A e^{-(b/2m)t} \cos(\omega t + \Phi)$ z $\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$, pri čemer je b koeficient dušenja
- Hitrost nihajočega telesa $v = \omega A \cos(\omega t + \phi)$
- Pospešek nihajočega telesa $a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \phi)$
- Celotno mehansko energijo je mogoče zapisati kot vsoto potencialne in kinetične energije: $E_m = E_p + E_k = \frac{ky^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$
za nihalo $E_m = E_p + E_k = mg\Delta h + \frac{mv^2}{2}$



Poskus za I. in II. stopnjo

- ▮ Namestite vzmet z utežjo ali nihalo z utežjo; postavite ravnilo na primeren položaj, da meri odmik ① ②
- ▮ Zabeležite maso (pri poskusu z vzmetjo)/zabeležite dolžino (pri poskusu z nihalom) ③
- ▮ Usmerite spletno kamero proti vzmeti/nihalu, tako da posnamete celotno postavitev
- ▮ Izpustite telo z začetnega položaja, da zaniha proti mirovni legi
- ▮ Shranite videoposnetek
- ▮ Časovno periodo izmerite s kronometrom ali jo odčitajte s posnetega filma
- ▮ Na nihajoče telo namestite merilec pospeška in shranite podatke (samo II. stopnja)
- ▮ Ugotovite, kako spreminjanje izbranih parametrov vpliva na količine pri nihanju

Analiza

1. Učenci začnejo delati s programsko opremo Tracker tako, da uvozijo videoposnetek in izberejo dele, ki jih nameravajo analizirati.

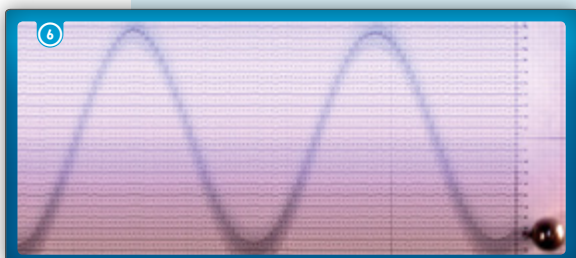
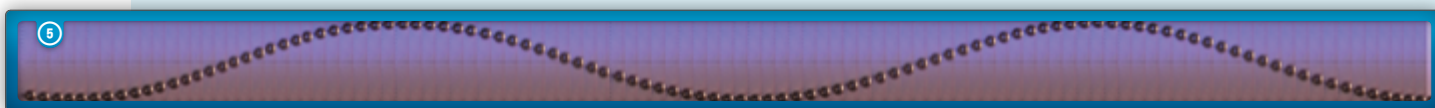
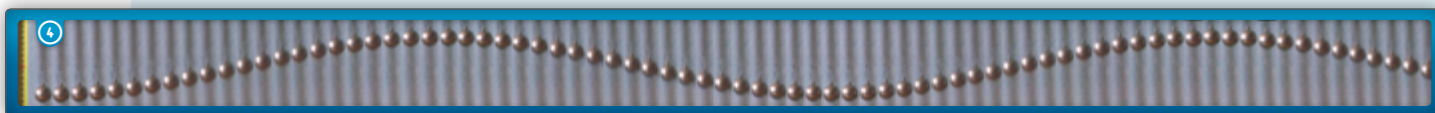
Program obdela informacijo o položaju telesa kot funkciji časa. Glede na te podatke izriše diagram s časovno odvisnostjo različnih količin: položaja na vodoravni in navpični osi, hitrosti na teh oseh, dejanskega vektorja hitrosti, pospeška, mehanske energije (kinetične in potencialne).

Če učenci želijo opazovati in analizirati njihovo spreminjanje, program omogoča, da definirate tudi nove fizikalne količine.

2. Pri delu s Trackerjem in VirtualDubom učenci lahko vidijo skupni značaj različnih odmkov tako pri nihanju vzmeti kot nihala. Na slikah 4–7 vidimo kombinacijo časovno zamaknjenih slik, izdelanih s programsko opremo VirtualDub. Pri primerjavi teh slik vidimo podobnosti med nihanjem nihala in vzmeti.

- ▮ Nihanje vzmeti (povzeto sličico za sličico) ④
- ▮ Nihanje nihala (povzeto sličico za sličico) ⑤
- ▮ Nihalo (povzeto sličico za sličico) ⑥

3. Zanimivo je enostavno harmonično nihanje vzmeti/nihala preučevati z uporabo merilca pospeška in beleženjem pospeška nihajočega telesa. Učenci lahko potem podatke obdelajo s programsko opremo »Osc«, ki je na voljo na www.science-on-stage.de. Programska oprema prikaže štiri diagrame s časovno odvisnostjo pospeška, hitrosti, odmika in skupne energije (kinetične in potencialne).



Če učenci uvozijo podatke, morajo izrisati diagram: $a=f\{t\}$. Iz diagrama lahko ocenijo periodo gibanja ter izračunajo kotno frekvenco in odmik nihajočega telesa. Potem primerjajo eksperimentalne podatke in podatke, ki jih dobijo s programsko opremo. ⑦

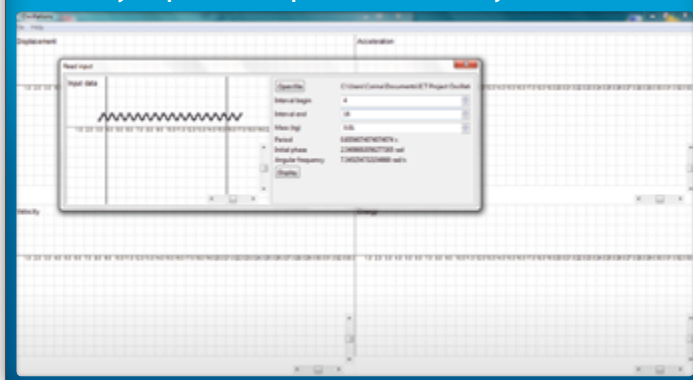
Vprašanja in povzetek

S Trackerjem, Vurtual Dubom ali Oscrom se lahko učenci lotijo naslednjih glavnih nalog:

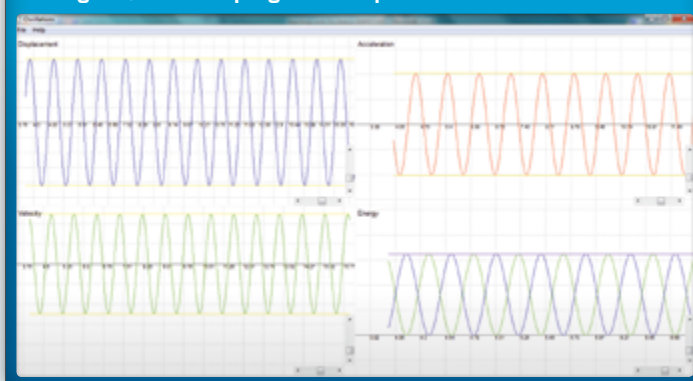
- Opazujejo značaj nihanj (I. in II. stopnja)
- Ugotovijo značilnosti nihanj (I. in II.)
- Izrišejo diagrame: $T=f\{m\}$, če je k nespremenljiv, $T=f\{k\}$, če je nespremenljiva masa (II. stopnja za vzmet), in $T=f\{l\}$ (I. stopnja, II. za nihalo)
- Opazujejo fazni prehod med odmikom in hitrostjo ter odmikom in pospeškom (II.)
- Preverijo veljavnost zakona o ohranitvi mehanske energije – na diagramu ⑧; črna krivulja predstavlja celotno energijo, ki je enaka vsoti potencialne (modra krivulja) in kinetične energije (zelena krivulja) (II.)
- Preverijo, da je perioda spremembe potencialne in kinetične energije polovica nihajne periode (II.)
- Preverijo odvisnost $T=f\{m\}$ pri vzmeti s konstanto k , če imajo ustrezne datoteke s podatki za različne mase, ali pa odvisnost $T=f\{k\}$ za isto telo in različne vzmeti (II.)
- Preverijo odvisnost $T=f\{l\}$ pri nihalu (I. in II.)

Z uporabo iste programske opreme »Osc« na www.science-on-stage.de lahko učenci napravijo simulacijo dušenega nihanja ⑨. Izberejo lahko nihajne parametre: frekvenco, amplitudo, fazno konstanto pa tudi $b/2m$ (pri čemer je b konstanta dušenja, m pa masa nihajočega telesa) (II.). Oblikujejo lahko svoje mnenje o: vrednostih odmika v trenutku, ko hitrost in pospešek dosežeta maksimum ali ničelno točko, razliki med periodo gibanja in periodo kinetične ali potencialne energije, in, nenazadnje, vplivu trenja na parametre gibanja.

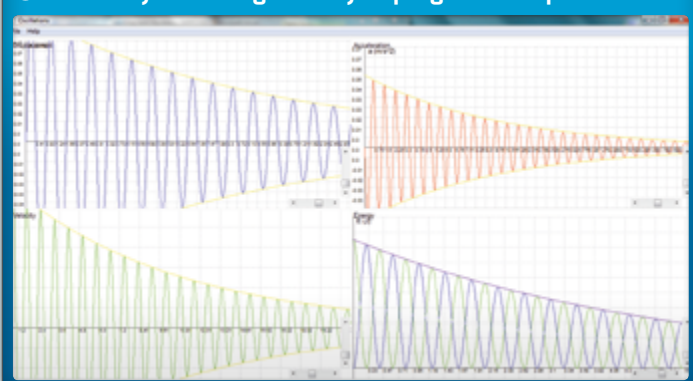
⑦ Primerjava podatkov iz poskusa in simulacije



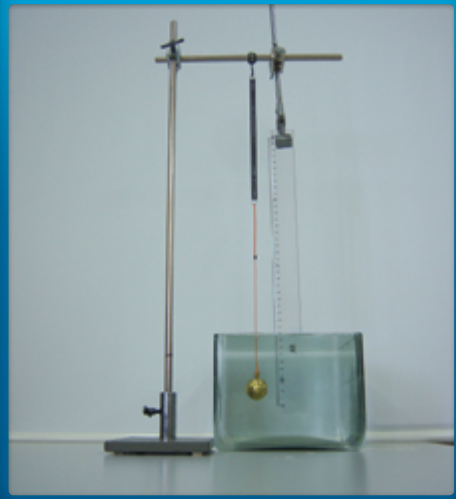
⑧ Diagram, izrisan s programsko opremo Osc



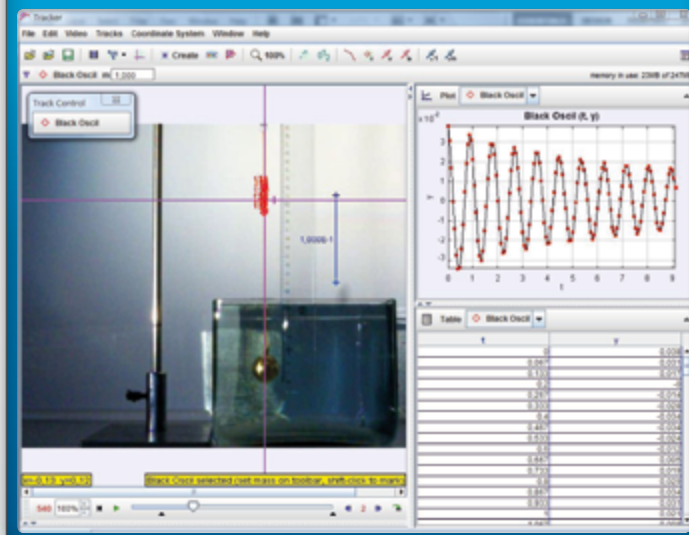
⑨ Simulacija dušenega nihanja s programsko opremo Osc



10 Preverjanje dušenega nihanja s preprosto pripravo



11 Rezultati analize s Trackerjem



Na sliki 10 vidimo, kako je mogoče opraviti preprost sestav za testiranje dušenega nihanja. Slika 11 je rezultat analize, opravljene s Trackerjem.

Učenci lahko oblikujejo sklepe glede:

- Vrednosti odmika pri največji vrednosti hitrosti ali pri vrednosti nič
- Vrednosti odmika pri največji vrednosti pospeška ali pri vrednosti nič
- Razlogov, zakaj je perioda gibanja dvakrat večja od periode spremembe potencialne ali kinetične energije
- Vpliva trenja na parametre gibanja

SKLEP

Gibanje vzmeti je preprosto, preučevanje tega gibanja pa nekoliko manj. Učenci z eksperimentalnim delom in z uporabo dejanskih podatkov v izbrani programski opremi zlahka razumejo odvisnost med različnimi parametri nihanja in se ob tem naučijo uporabljati IKT. Pridobljeno znanje lahko uporabijo pri preučevanju drugih nihajnih gibanj.

