

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



C

Corpuri oscilante

INTRODUCERE

Obiecte care oscilează sunt peste tot în jurul nostru. Fiecare sunet este produs de o sursă de oscilații. Studiul oscilației este un demers destul de complicat, dar noi am simplificat aceasta prin studierea mișcării unui resort sau a unui pendul.

Unitatea de învățare este recomandată pentru elevii cu vârsta cuprinsă între 14 și 16 ani (nivelul I) și pentru elevii între 17 și 19 ani (nivelul II). Materiile implicate sunt: fizica, matematica și tehnologia informației și comunicării (TIC).

Nivelul I

Elevii fixează resortul sau pendulul și îl pun să oscileze. Ei observă mișcarea simplă și înregistrează oscilațiile cu o cameră video sau cu cea de la telefonul mobil. Folosind softul Tracker sau VirtualDub, elevii analizează filmele (cadru cu cadru) pentru a specifica tipul mișcării (deplasarea în funcție de timp). Cu ajutorul acestor filme video și cu analiza graficelor, elevii sunt capabili să determine frecvența, perioada mișcării, amplitudinea elongației, precum și constanta elastică a resortului sau accelerația gravitațională în cazul unui pendul.

Nivelul II

A: Elevii execută aceiași pași ca și colegii mai mici, dar ei analizează graficele mai în detaliu. Cu ajutorul filmelor video și a analizei graficelor, elevii pot să observe diferențele de fază pentru diferite elongații și sunt capabili să determine frecvența, perioada și amplitudinea mișcării, precum și dependența elongației, a vitezei și a accelerației în funcție de timp. De asemenea ei pot verifica legea conservării energiei mecanice.

B: Elevii pot adăuga un accelerometru la corpul ce oscilează. Ei pot înregistra valorile accelerației în funcție de timp și apoi din aceste date pot calcula perioada, viteza, amplitudinea, elongația, energia cinetică și cea potențială. Apoi pot să traseze graficele și pot verifica parametrii aceleiași mișcări folosind cele două metode: diferențierea (elongație → viteză → accelerație) și integrarea (accelerație → viteză → elongație).

RESURSE

În această unitate de învățare elevii au nevoie de: o cameră video digitală, o cameră web sau un telefon mobil cu cameră; un liniar sau alt tip de instrument pentru măsurarea distanțelor (trebuie plasat în apropierea corpului ce

oscilează și să fie vizibil pe ecranul aparatului video); diferite tipuri de resorturi și 3–4 corpuri cu mase diferite ce se pot atârna de resorturi; 3–4 pendule de diferite lungimi, un PC sau un laptop; softul pentru analiză, de exemplu Tracker sau VirtualDub; aplicația Java „Osc”, disponibilă la adresa www.science-on-stage.de.

CONȚINUT

Cel mai simplu sistem mecanic oscilant este alcătuit dintr-un corp de masă m atârnat de un resort sau de un pendul (cu unghi mic de oscilație). Proprietatea de inerție a masei m face ca sistemul, aflat în mișcare să depășească punctul de echilibru. Aplicând legea a doua a lui Newton corpului oscilant, se poate obține ecuația de mișcare a sistemului.

Elevii trebuie să recapituleze relațiile dintre diferitele mărimi fizice.

Nivelul I

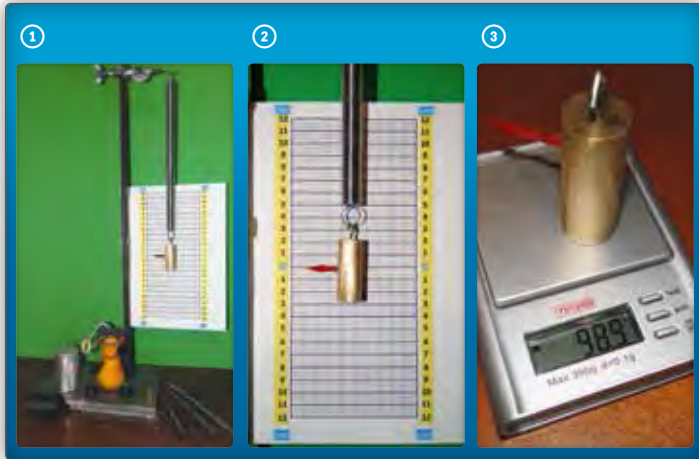
Elevii de nivelul I ar trebui să revadă următoarele formule:

- Perioada resortului: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, unde m este masa corpului ce oscilează și k este constanta elastică a resortului;
- Perioada pendulului: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, unde ℓ este lungimea pendulului și g este accelerația gravitațională.

Nivelul II

Elevii de nivelul II ar trebui să revadă următoarele formule:

- Forța elastică: $F = kx$, unde k este constanta elastică a resortului, x este elongația corpului oscilant;
- Perioadele: pentru resort $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, unde m este masa corpului oscilant; pentru pendul $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, unde ℓ este lungimea pendulului și g este accelerația gravitațională;
- Elongația corpului oscilant într-o mișcare armonică simplă: $x = A \sin(\omega t + \Phi)$, unde A este amplitudinea, ω este pulsația și Φ este faza;
- Elongația corpului oscilant într-o oscilație amortizată: $x = Ae^{-(b/2m)t} \cos(\omega't + \Phi)$, cu $\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$, unde b este coeficientul de amortizare;



- ▮ Viteza corpului oscilant; $v = \omega A \cos(\omega t + \varphi)$
- ▮ Accelerația corpului oscilant; $a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi)$
- ▮ Energia mecanică totală poate fi scrisă ca sumă a celei cinetice și potențiale:

$$\text{pentru resort; } E_m = E_p + E_k = \frac{ky^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$\text{pentru pendul. } E_m = E_p + E_k = mg\Delta h + \frac{mv^2}{2}$$

Experiment pentru nivelul I și II

- ▮ Așați un corp de masă m de capătul unui resort sau pendul; așezați o riglă în poziția potrivită pentru a măsura elongația [fig. ① și ②].
- ▮ Notează masa corpului [experimentul cu resortul]/notează lungimea firului [experimentul cu pendulul] [figura ③].
- ▮ Poziționează camera video în fața resortului/pendulului astfel încât să poți filma tot dispozitivul.
- ▮ Scoate corpul de masă m din poziția inițială și lasă-l să oscileze în jurul poziției de echilibru.
- ▮ Salvează filmul video.
- ▮ Măsoară perioada de oscilație cu un cronometru sau determin-o din filmul înregistrat.
- ▮ Adaugă un accelerometru corpului care oscilează și înregistrează datele [numai nivelul II].
- ▮ Află cum se modifică mărimile caracteristice ale oscilației prin schimbarea parametrilor.

Analiza

1. Pentru a începe să lucreze cu softul Tracker elevii trebuie să importe filmul video și să aleagă părțile care trebuie analizate.

Programul procesează informația despre poziția corpului observat în funcție de timp. Considerând aceste date, programul trasează grafice în funcție de timp pentru diferitele mărimi fizice: poziție pe axa orizontală sau verticală, viteză pe cele două direcții, viteză instantanee, accelerație, energie mecanică (cinetică și potențială).

Dacă elevii doresc să observe și să analizeze alte mărimi fizice, programul dă posibilitatea de a defini aceste noi mărimi.

2. Lucrând cu Tracker sau VirtualDub, elevii pot observa similitudinile dintre variațiile elongației în funcție de timp pentru oscilațiile resortului și respectiv pendulului. Figurile 4–6 sunt imagini realizate în diferite momente cu softul VirtualDab. Comparând aceste imagini, se pot observa aceleași caracteristici pentru oscilațiile resortului și ale pendulului.

- ▮ Oscilațiile resortului (suprapuse cadru cu cadru) [fig. ④]
- ▮ Oscilațiile pendulului (suprapuse cadru cu cadru) [fig. ⑤ și ⑥]

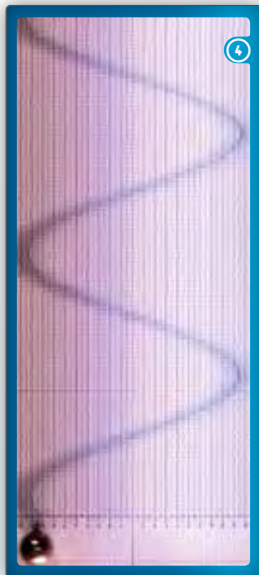
3. Un mod interesant de a studia mișcarea armonică simplă a resortului/pendulului este de a utiliza un accelerometru pentru a înregistra accelerația corpului oscilant. Apoi elevii pot procesa datele folosind softul „Osc” care este disponibil la adresa [www.science-on-stage.de].

După ce elevii importă datele reale, softul trasează graficul $a = f(t)$ [fig. ⑦]. Din pagina afișată, ei pot citi perioada mișcării, pulsația și faza inițială a mișcării. Apoi softul deschide altă fereastră cu patru grafice pentru mărimile fizice: accelerație, viteză, elongație și energie mecanică (cinetică și potențială), toate în funcție de timp [fig. ⑧].

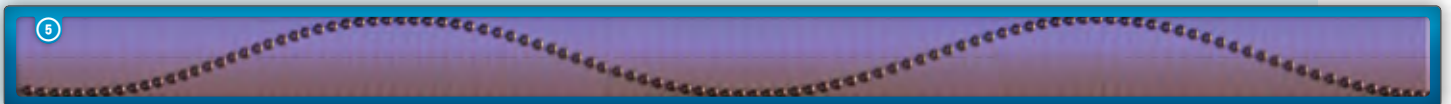
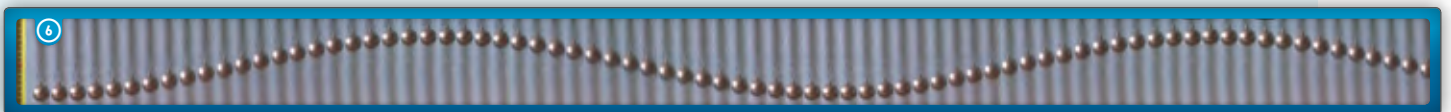
Elevii pot compara datele experimentale cu cele furnizate de soft:

- ▮ Observarea mișcării oscilatorii [nivel I, II];
- ▮ Aflarea mărimilor caracteristice oscilațiilor [nivel I, II];
- ▮ Trasarea graficelor: $T = f(m)$, când constanta elastică k este aceeași și $T = f(k)$, dacă masa este aceeași [nivel II pentru resort] și $T = f(l)$ [nivel I, II pentru pendul];

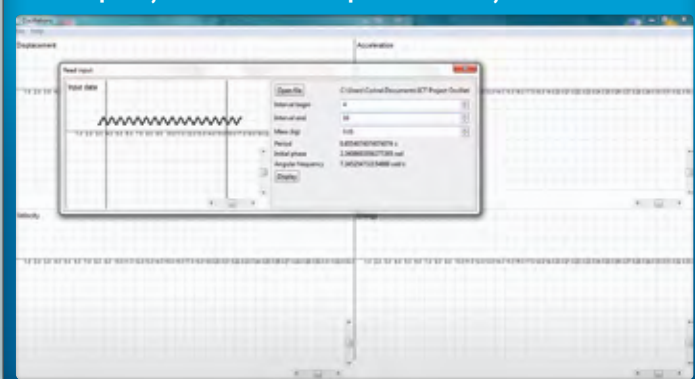
- ▮ Observarea diferenței de fază dintre elongație și viteză sau accelerație (nivel II);
- ▮ Verificarea legii de conservare a energiei mecanice (figura ④): curba neagră reprezintă energia totală, care este egală cu suma dintre energia potențială (curba albastră) și energia cinetică (curba verde) (nivel II);
- ▮ Verificarea faptului că perioada variației energiei potențiale sau cinetice în funcție de timp este jumătate din perioada oscilației (nivel II);
- ▮ Verificare dependenței $T = f(m)$ pentru un resort cu constanta elastică k , dacă sunt diferite fișiere cu date pentru mase diferite sau a dependenței $T = f(k)$ pentru oscilațiile aceluiași corp de masă m , dar atârnat de resorturi diferite (nivel II);
- ▮ Verificarea dependenței $T = f(\ell)$ pentru oscilațiile pendulului (nivel I, II).



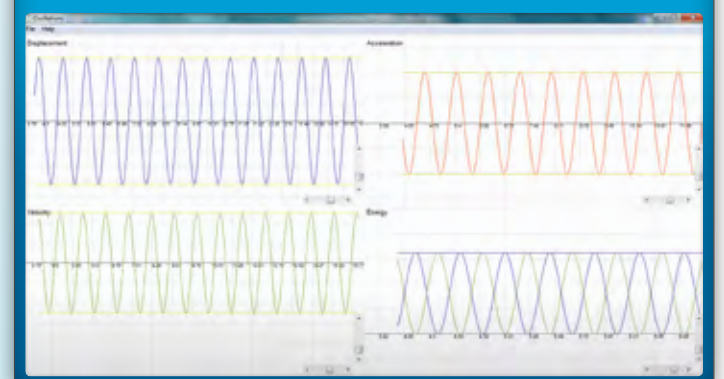
Folosind același soft „Osc” de la (www.science-on-stage.de) elevii pot simula o oscilație amortizată (figura ⑤). Ei pot alege parametrii oscilației: frecvența, amplitudinea, faza inițială și de asemenea raportul $b/2m$ (unde b este coeficientul de amortizare vâscoasă și m este masa corpului ce oscilează) (nivel II). Elevii pot formula propria părere despre valorile elongației la momentul în care viteza sau accelerația ating valorile lor maxime sau valoarea 0, despre diferența dintre perioada mișcării oscilatorii și perioada energiei potențiale sau cinetice și în fine despre influența frecării asupra parametrilor mișcării.



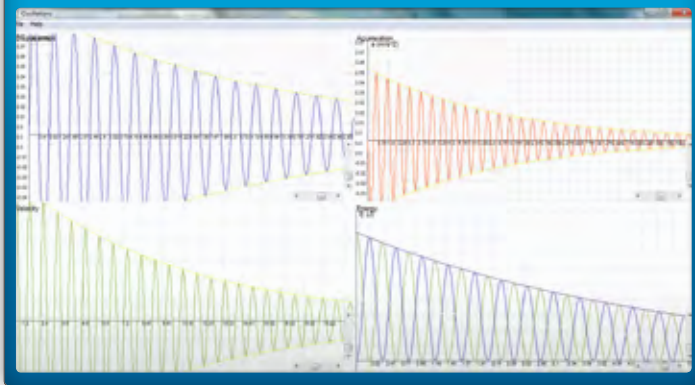
⑦ Comparație între datele experimentale și cele simulate



⑧ Grafice realizate cu softul Osc



9 Simularea oscilațiilor amortizate cu softul Osc



CONCLUZII

Mișcarea simplă a unui resort nu este chiar ușor de studiat. Prin îmbinarea experimentului clasic cu prelucrarea datelor înregistrate cu ajutorul softului ales, elevii vor înțelege ușor dependența dintre diferiții parametri ai mișcării oscilatorii și își vor dezvolta abilitățile de TIC. Ei vor fi capabili să aplice cunoștințele acumulate în cazul studiului altor mișcări oscilatorii.

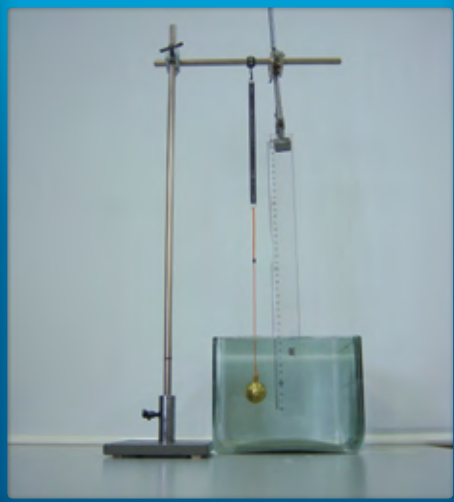
Figura 10 prezintă un montaj simplu pentru studiul oscilațiilor amortizate. Figura 11 este rezultatul analizei realizate cu Tracker.

Elevii pot formula concluzii despre:

- Valorile elongației când viteza este maximă sau zero;
- Valorile elongației când accelerația este maximă sau zero;
- De ce perioada oscilației este de două ori mai mare decât perioada de variație a energiei potențiale sau cinetice;
- Influența frecării asupra parametrilor mișcării oscilatorii.



10 Testarea oscilațiilor amortizate cu un set simplu experimental



11 Rezultatul analizei cu Tracker

