

Newtonova zibka

Aleš Mohorič

Presekov seminar 2025/26, 2. srečanje

Niz neprožnih trkov

↓↓↓
ANDREJ LIKAR

→ Newtonovo zibelko sestavlja vrsta dotikajočih se kroglic (glej Sliko 1), ki so vsaka z dvema vrvičama pritrjene na vzporedna nosilca. Ko zunanjo kroglico dvignemo in spustimo, se ob trku dvigne kroglica na nasprotnem koncu niza, dvignjena kroglica pa obmiruje. Igra se nato obrne in odletela kroglica požene prvotno kroglico. Kroglici kloktata kar nekaj časa, potem se trkov ne sliši več. Opazimo pa, da začnejo kroglice v nizu nihati z vse večjo amplitudo. Pri povsem prožnih trkih, ko se nič kinetične in potencialne energije ne izgubi, bi pričakovali, da bodo kroglice niza ves čas mirovale. Pri nekaterih računalniških simulacijah, ki jih najdemo na spletu, je trkanje tudi tako prikazano. Če poskrbimo, da so kroglice v nizu med seboj zlepljene, prvotna pa se po trku zlepi z nizom, po trku vse kroglice zanihajo.

Opazovanje Newtonove zibelke navede do vprašanja, s kako neprožnim trkom imamo opravka pri središčnem trku dveh enakih jeklenih kroglic, to je takem, ki se dogaja v Newtonovi zibelki. Ob takem trku ležita vektorja hitrosti pred in po trku na premici, ki gre skozi središči obeh kroglic. Zanima nas, koliko kinetične energije se pretvori v notranjo pri takem trku. V načelu bi to lahko določili tako, da bi merili hitrosti kroglic po trku, pri čemer bi pred njim ena od kroglic mirovala, druga pa bi trčila vanjo. Pri povsem elastičnem trku bi se druga ustavila, prva pa prevzela njeno prvotno hitrost. Kroglici bi si med trkom izmenjali hitrosti. Pri ne čisto prožnem trku pa



SLIKA 1.
Newtonova zibelka z vrsto jeklenih kroglic

bi se druga kroglica z majhno hitrostjo še vedno gibala v prvotni smeri. Njena hitrost pa je komaj opazna. Le če bi se kroglici zlepile, bi bila njuna hitrost po trku enaka in dobro opazna. Meritev majhnih hitrosti je zahtevna, potrebovali bi filmsko kamero in posneti bi morali celotni potek trka. To danes v šoli sicer ni povsem neizvedljivo, a je vseeno zahtevno.

Poskusimo drugače. Newtonovo zibelko do skrajnosti poenostavimo in izpustimo niz kroglic, obdržimo le dve, glej sliko 2. Eno kroglico dvignemo in jo spustimo na drugo. Le-ta odleti, prvotna pa se skoraj ustavi, a ima še vedno nekaj prvotne hitrosti, saj je trk neprožen. Sedaj se druga kroglica vrne in trči v prvo. A ta trk ima neko posebnost. Obe kroglici sta se po prvem trku gibali v smeri začetne hitrosti prve kroglice. Druga sicer s precej večjo hitrostjo kot prva, a začetna hitrost takoj po trku ne vpliva na čas, ki ga kroglici potrebuje, da se njuni začetni hitrosti takoj po trku obrneta. Drugi trk zaloti kroglici v prav takem stanju, kot sta ga imeli po prvem trku,

opazujmo



vzorec

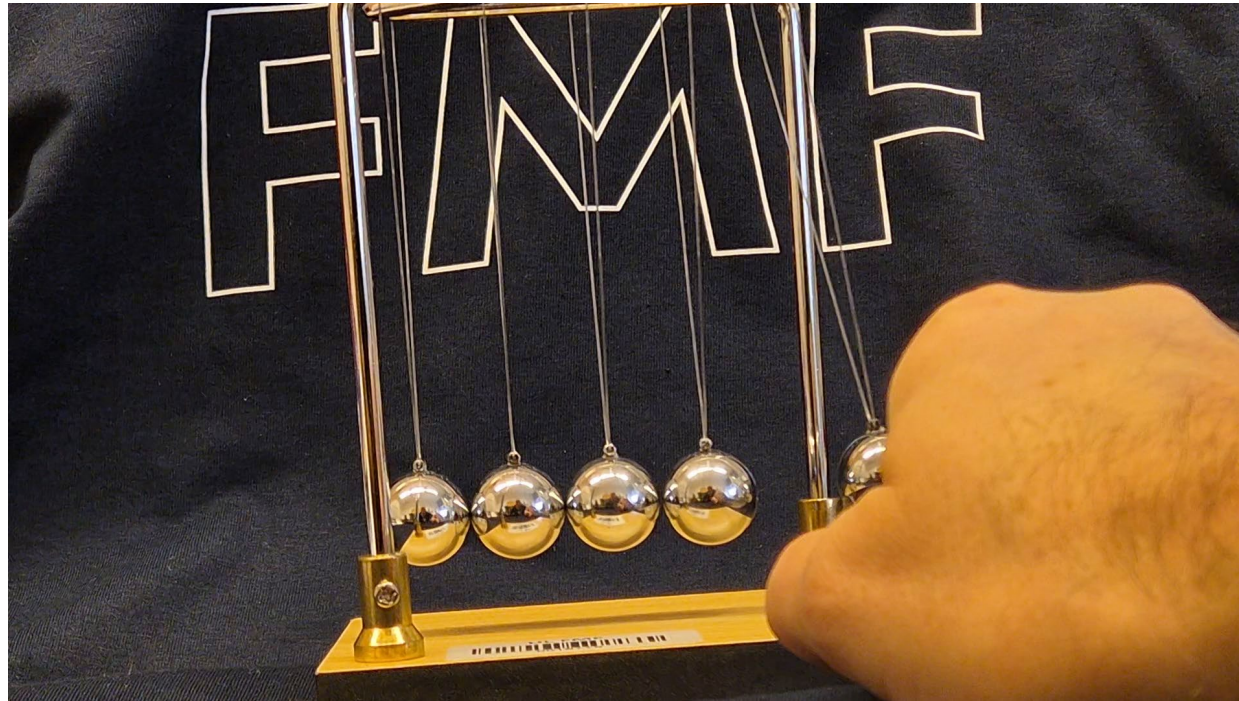
- desno kroglico odklonimo za 1 cm, leva se odkloni za 1 cm
- in obratno
- to se periodično ponavlja

razlaga

- zaporedje trkov
- ohranitev gibalne količine
- $m_1 v_1 = m_2 v_2$
- hitrost v je (približno) sorazmerna največjemu odmiku
- predpostavka – masi kroglic sta enaki

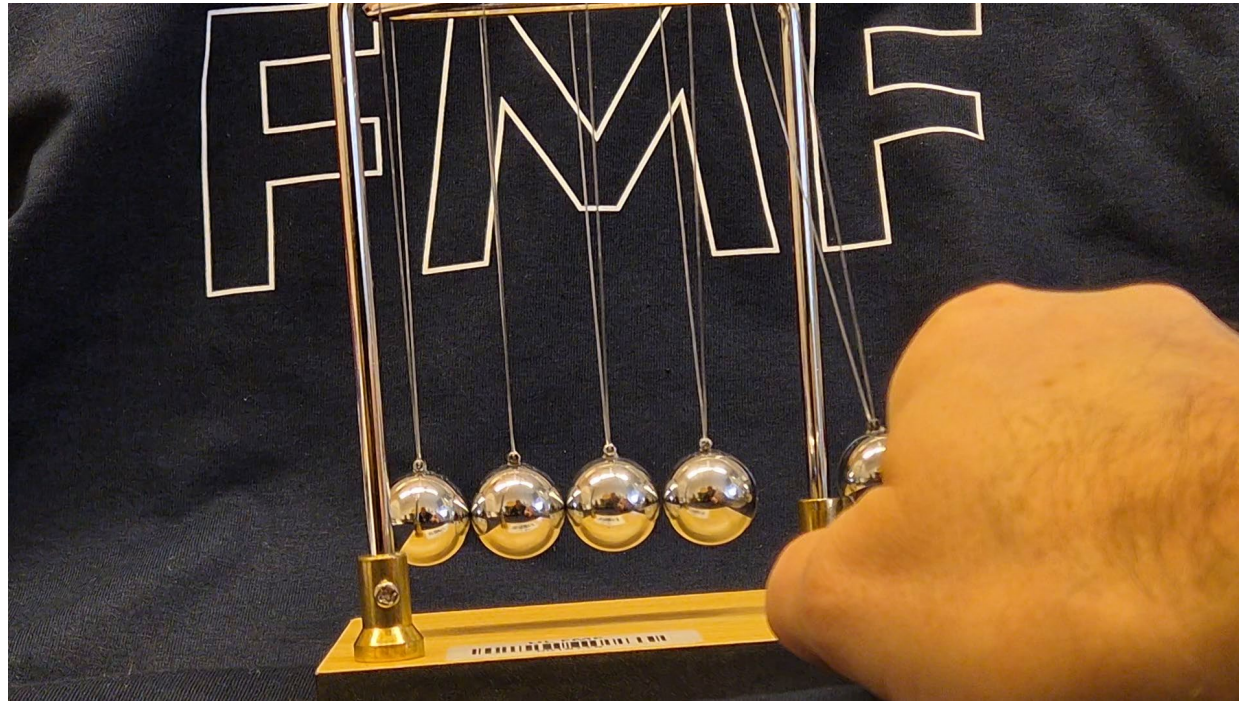
test

- kolikšen bo odmik leve kroglice, če desno odmaknemo za 2 cm?



napoved

- kolikšen bo odmik leve kroglice, če desno odmaknemo za 2 cm?
- kroglica na levi se bo odklonila za 2 cm.



test



podprta hipoteza

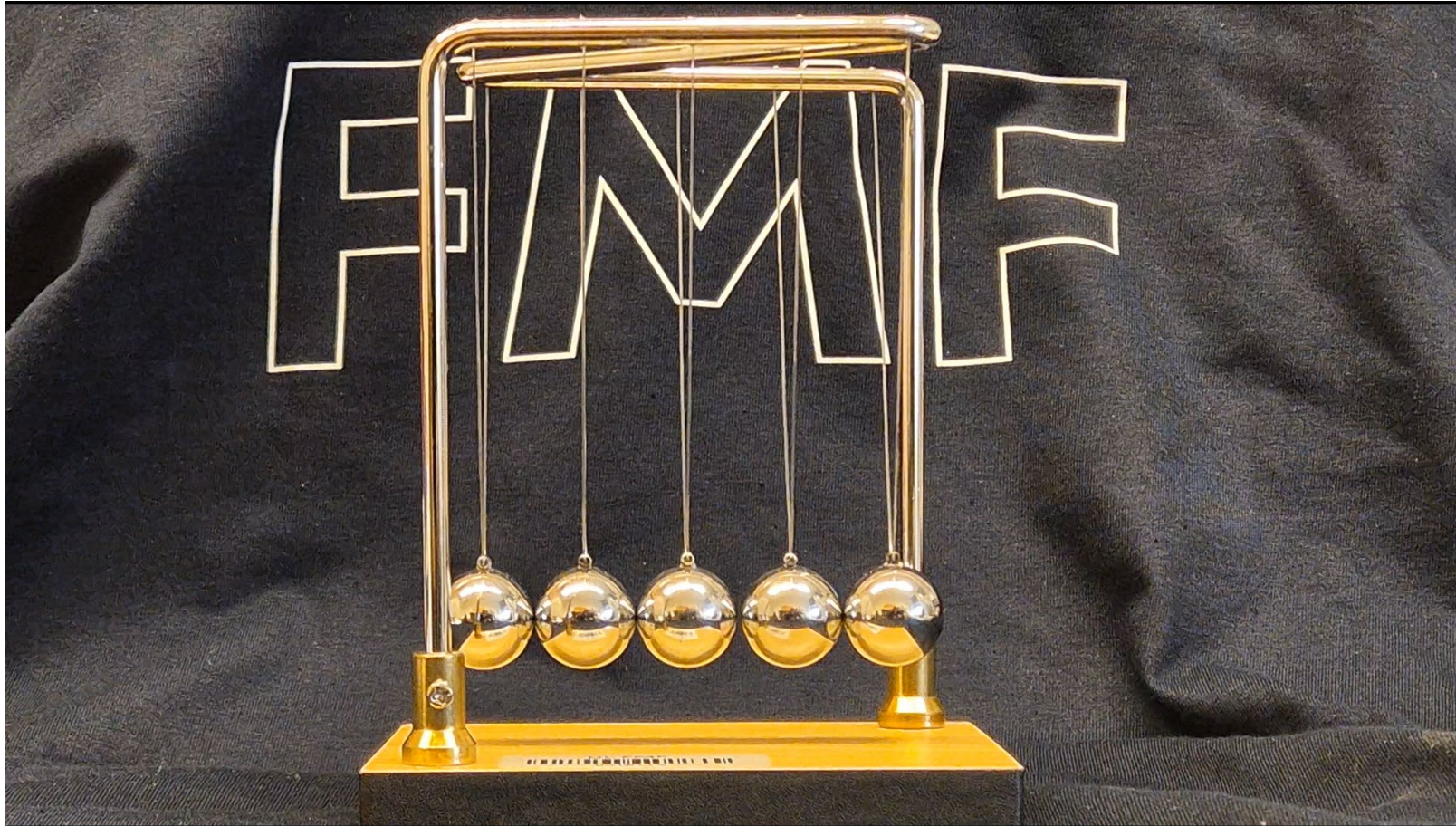
test

- odklonimo dve kroglici za 1 cm
- (dvojna masa, dvojna gibalna količina $m_1 v_1 \rightarrow 2m_1 v_1$)
- kaj se bo zgodilo na levi?

test

- odklonimo dve kroglici za 1 cm
- (dvojna masa, dvojna gibalna količina $m_1 v_1 \rightarrow 2m_1 v_1$)
- kaj se bo zgodilo na levi?
- napoved: na levi se bo kroglica odbila za 2 cm

test



napoved ovržena

kaj zdaj

- nova razlaga:
- ohrani se gibalna količina IN energija
- če velja samo ohranitev gibalne količine:
- 1. poskus: $mv_{desni} = mv_{levi}$,
- 2. poskus: $m \ 2v_{desni} = m \ 2v_{levi}$,
- 3. poskus: $2mv_{desni} = m2v_{desni} \times$
- če dodamo še ohranitev energije
- 1. poskus: $\frac{1}{2}mv_{desni}^2 = \frac{1}{2}mv_{levi}^2$
- 2. poskus: $\frac{1}{2}m(2v_{desni})^2 = \frac{1}{2}m(2v_{levi})^2$
- 3. poskus: $\frac{1}{2}2m(v_{desni})^2 = \frac{1}{2}2m(v_{levi})^2 \neq \frac{1}{2}m(2v_{levi})^2$