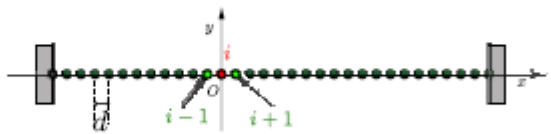
Chladnijevi vzorci

Valovni vozli na kvadratni opni

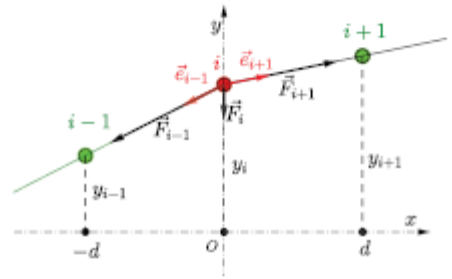
Andrej Likar

→ Na poti do velike fizikalne predavalnice so postavili začasno pregrado - med količka so napeli tanjšo verigo. Nisem si mogel kaj, da je pri hoji ne bi rahlo udaril ob količku in opazoval val, ki se je širil vzdolž verige, se na oddaljenemu koncu odbil in prihitel nazaj. Valovanje je pač pojav, ki nas vedno znova prevzame. Ko pa se zavemo, da so svetloba, vseh vrst drugih elektromagnetnih valov, zvok v zraku in snoveh, seizmično gibanje zemeljske skorje, pojavi na vodni gladini in skrivnostno gibanje mikroskopskih delcev snovi tudi valovanja, se zavemo, da valovanje ni le zanimivo, je v jedru fizike. Pa se poigrajmo z valovanjem na nizu in v mrežo medsebojno povezanih kroglic. Poskusi s pravimi kroglicami bi bili prezahtevni, zato bomo v igro pritegnili računalnik.



SLIKA 1.
Niz elastično spetih kroglic med nepremičnima stenama.

Enako velike kroglice v mislih povežemo v niz z elastično vrvico. Razdalja d med sosednjima kroglicama se po svoje gibljejo. Kako se bodo kroglice v nizu odzvale na to motnjo?



SLIKA 2.
K izpeljavi zakona gibanja kroglic v nizu.

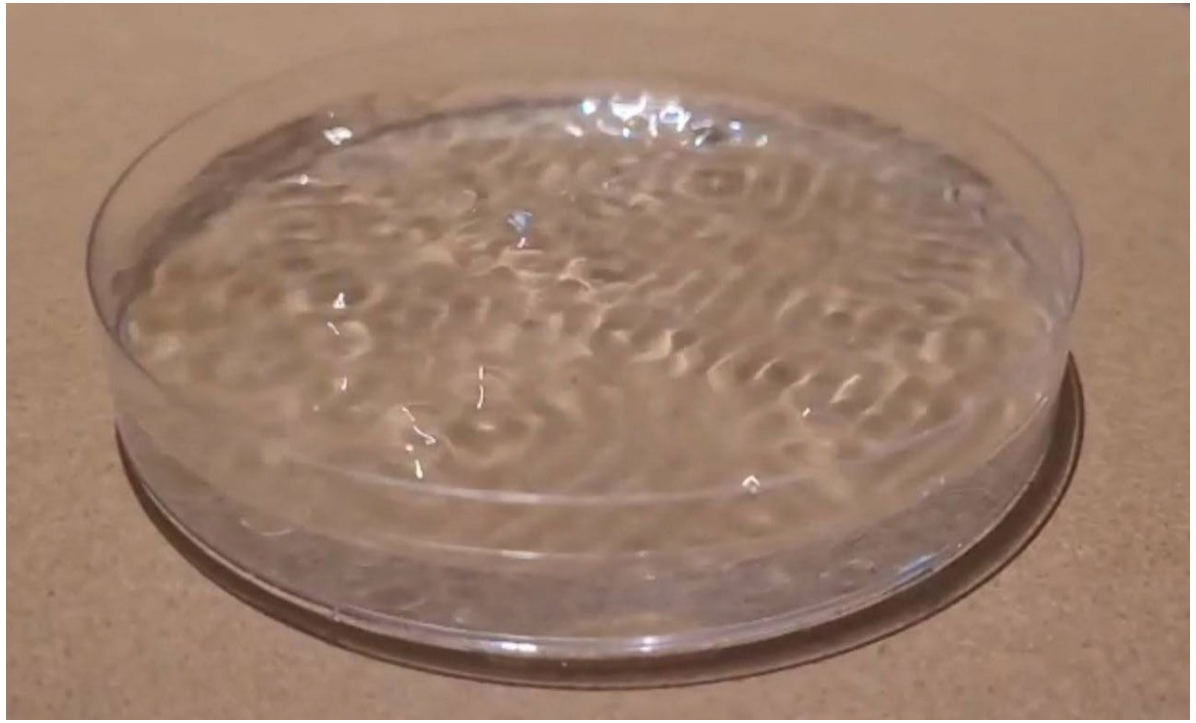
Če želimo ponazoriti gibanje kroglic v nizu z računalnikom, moramo poznati enačbo njihovega gibanja. Ta bo seveda sledila iz Newtonovega zakona, ki pravi, da je pospešek izbrane kroglice sorazmeren vsoti vseh sil, ki nanjo delujejo. Na Sliko 2 je prikazana izbrana, denimo i-ta kroglica, ter njeni sosedi z oznakama $i-1$ in $i+1$. Edino ti dve sosedi preko elastične vrvice delujeta na izbrano kroglico i. Vsote njunih sil s slike ni težko določiti. Enotska vektorja (vektorja brez enote in dolžino 1, nakazujeta le smer) od kroglice i proti sosedama sta:

- $\vec{e}_{i-1} = \dfrac{1}{\sqrt{d^2 + (y_{i-1} - y_i)^2}} \, (-d, y_{i-1} - y_i)^T ,$

vsakdan

vsakdan - kaj opazite?

Faradayevi valovi

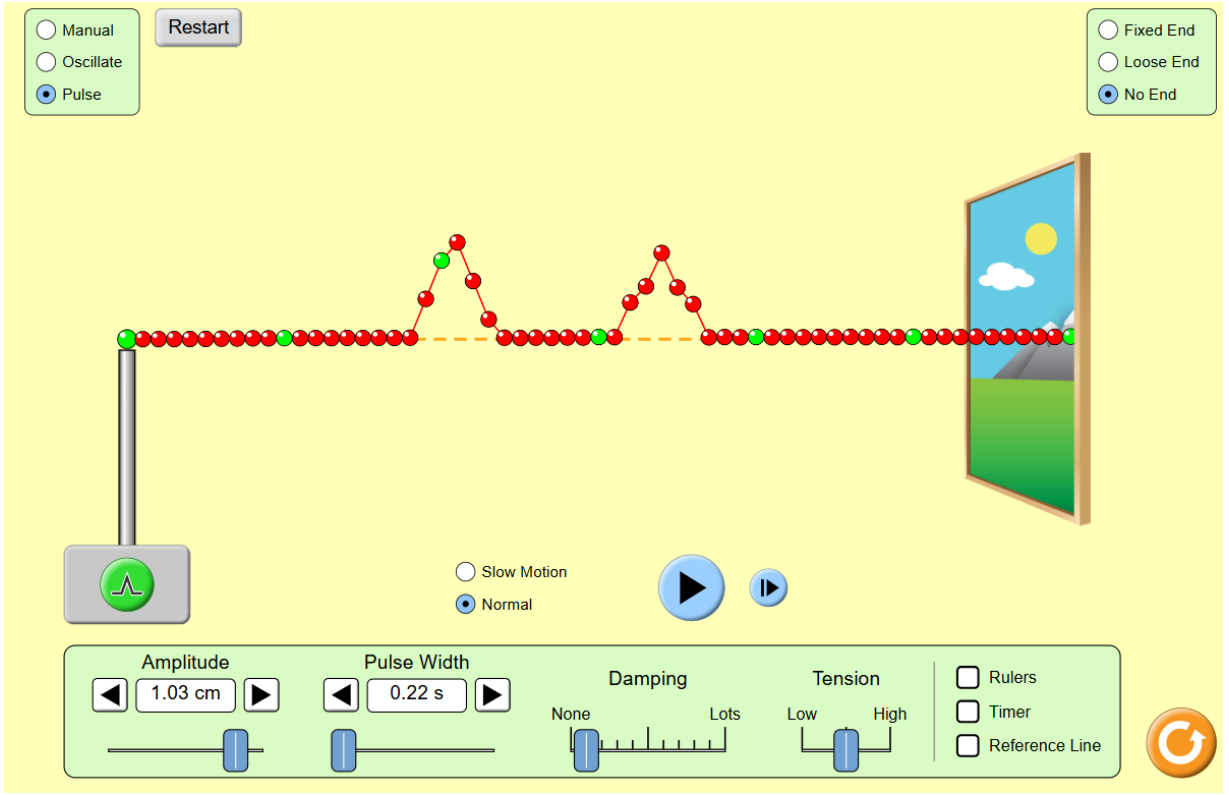


Bremps, CC BY-SA 4.0

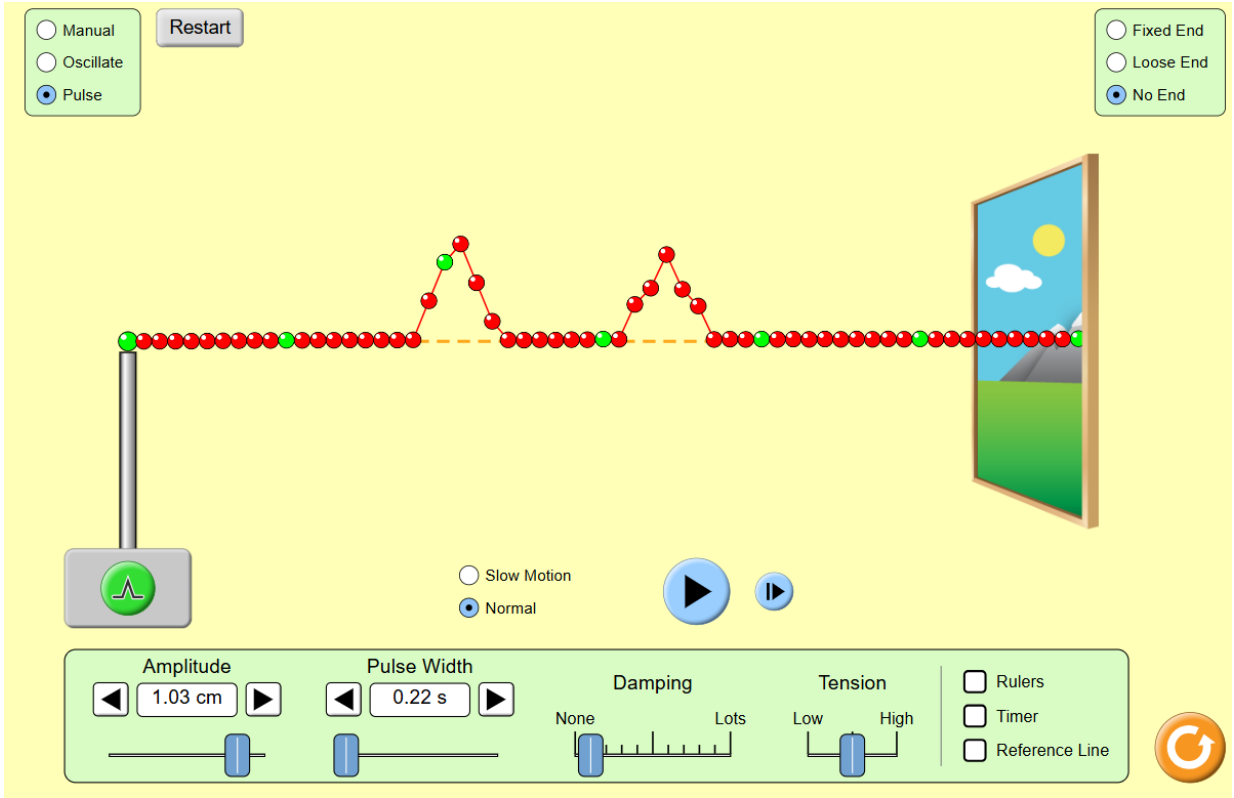
Institute of Physics, CC BY 3.0

opazujmo

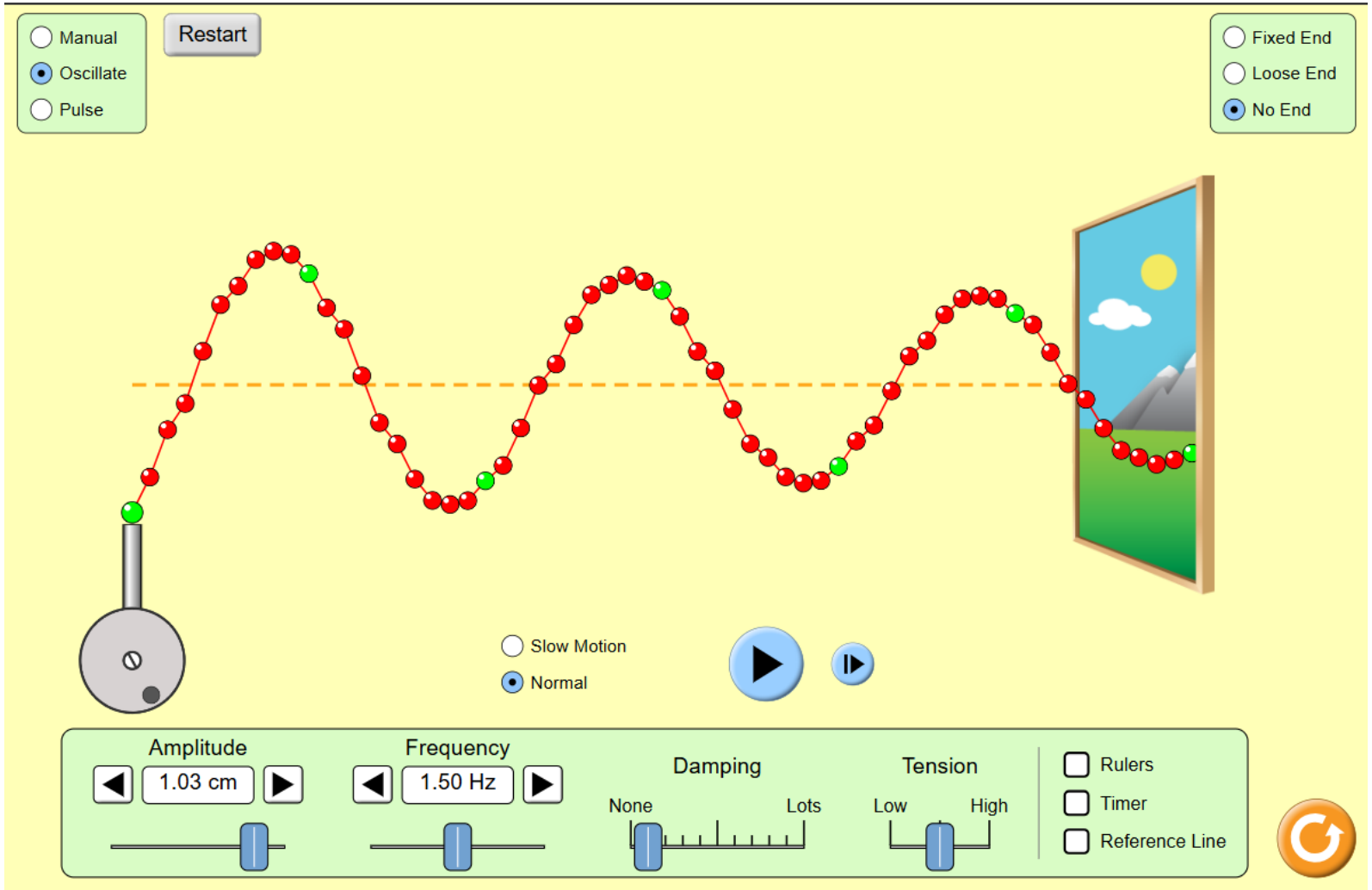
- https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html



- valovanje
- vzbujanje
- motnja
- hitrost

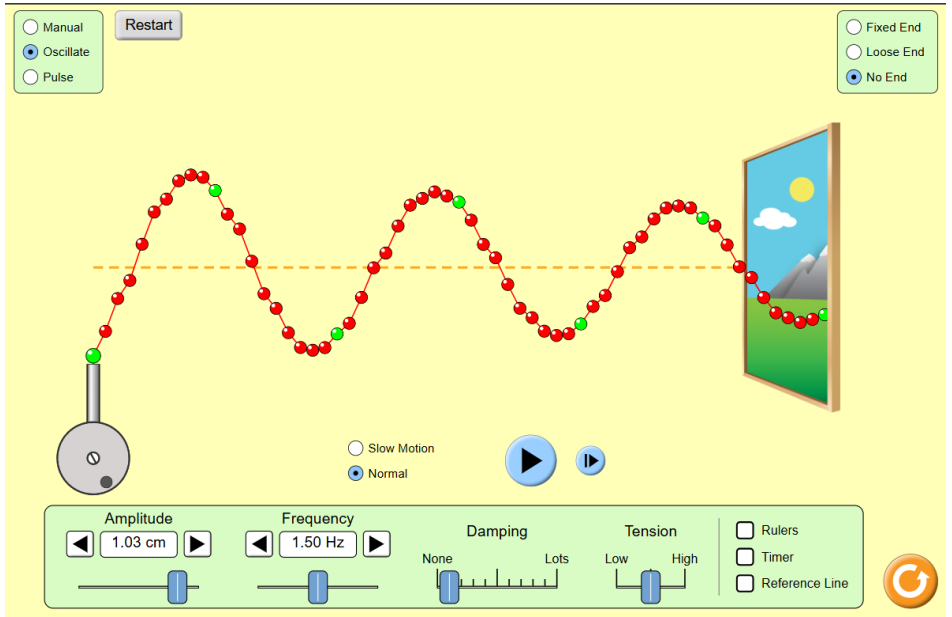


opazujmo

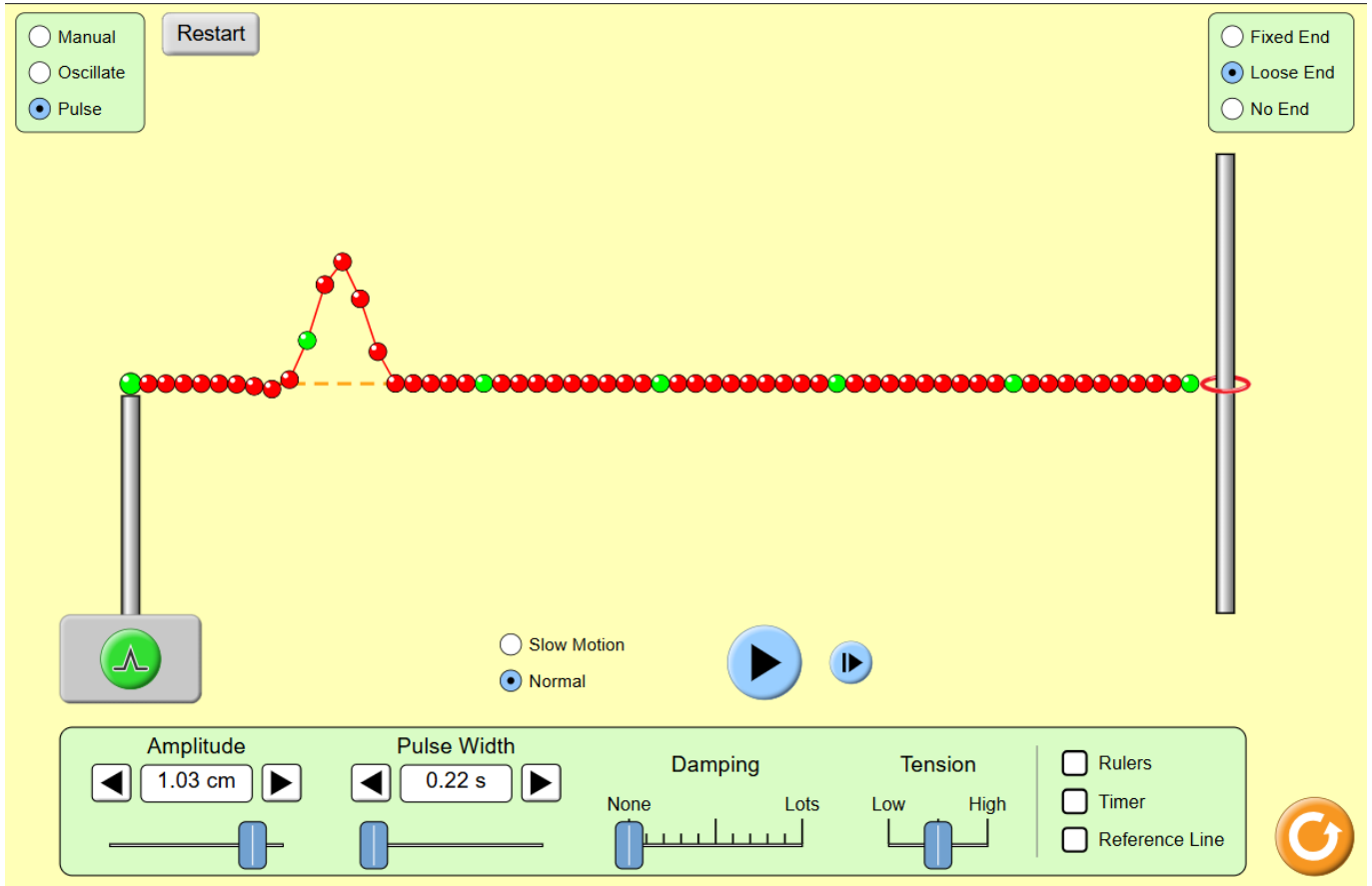

Manual
Oscillate
Pulse
Restart
Fixed End
Loose End
No End
Slow Motion
Normal
Amplitude
1.03 cm
Frequency
1.50 Hz
Damping
None
Lots
Tension
Low
High
Rulers
Timer
Reference Line

opazujmo

- periodično vzbujanje
- frekvenca
- valovna dolžina

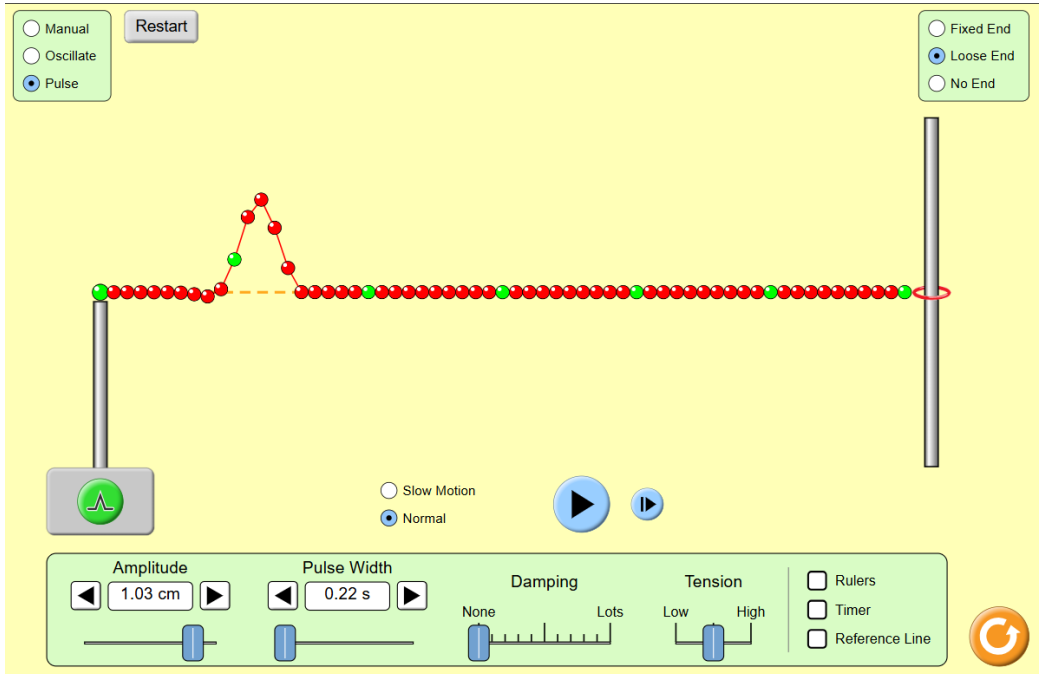


opazujmo

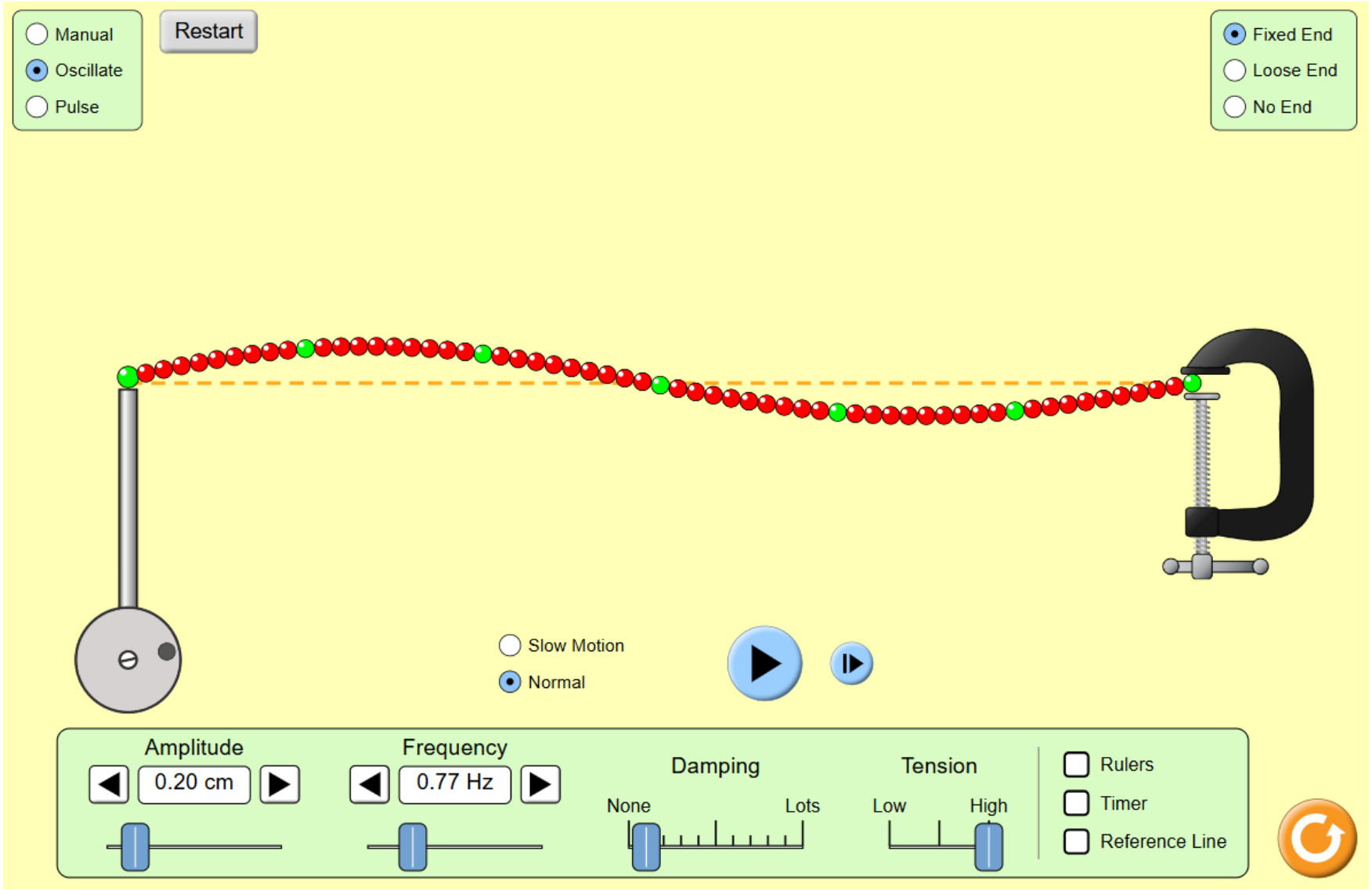

Manual
Oscillate
Pulse
Restart
Fixed End
Loose End
No End
Slow Motion
Normal
Amplitude
1.03 cm
Pulse Width
0.22 s
Damping
None
Lots
Tension
Low
High
Rulers
Timer
Reference Line

opazujmo

- odboj
- faza odbitega valovanja

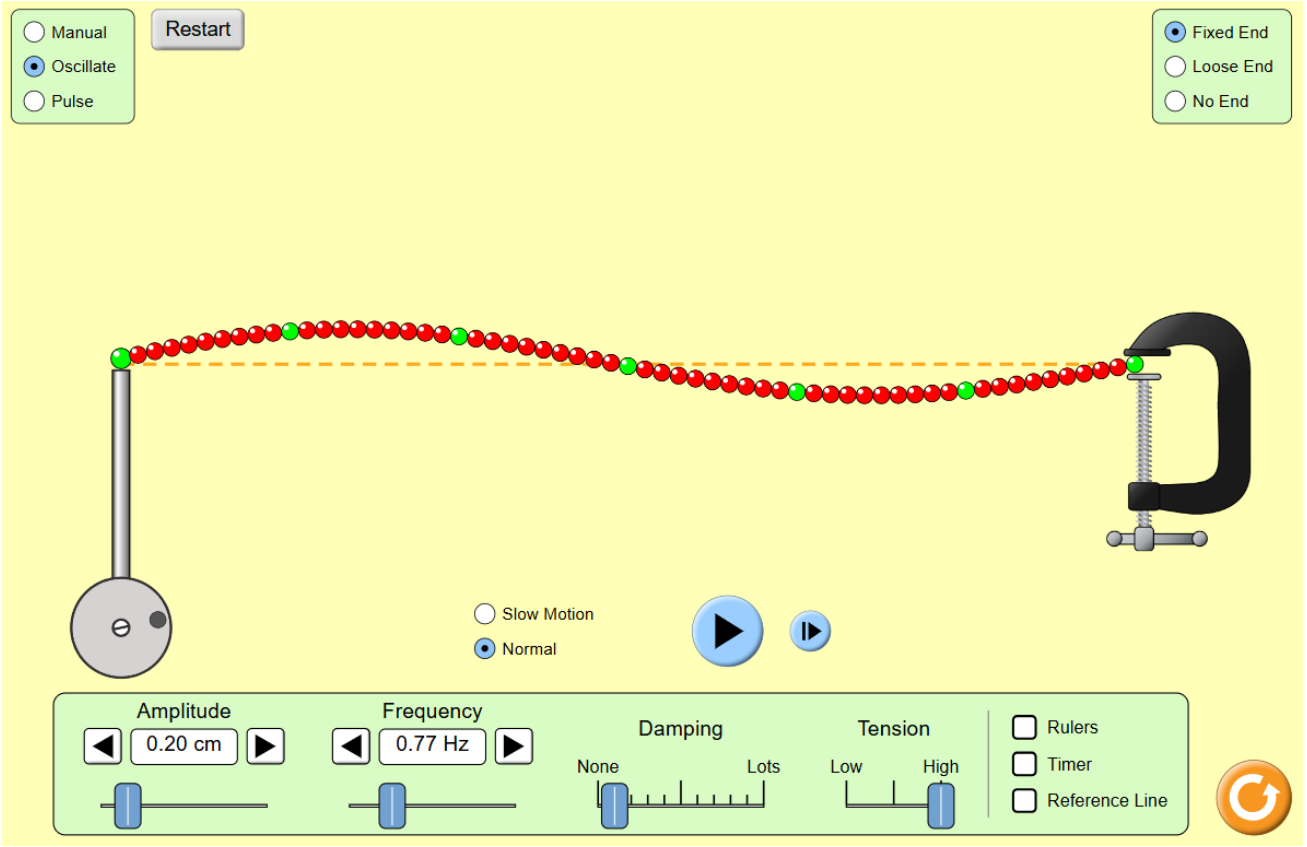


opazujmo


Manual
Oscillate
Pulse
Restart
Fixed End
Loose End
No End
Slow Motion
Normal
Amplitude
0.20 cm
Frequency
0.77 Hz
Damping
None
Lots
Tension
Low
High
Rulers
Timer
Reference Line

opazujmo

- stoječe valovanje
- hrbet
- vozel



valovna enačba

- $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 u$
- robni in
- začetni pogoji

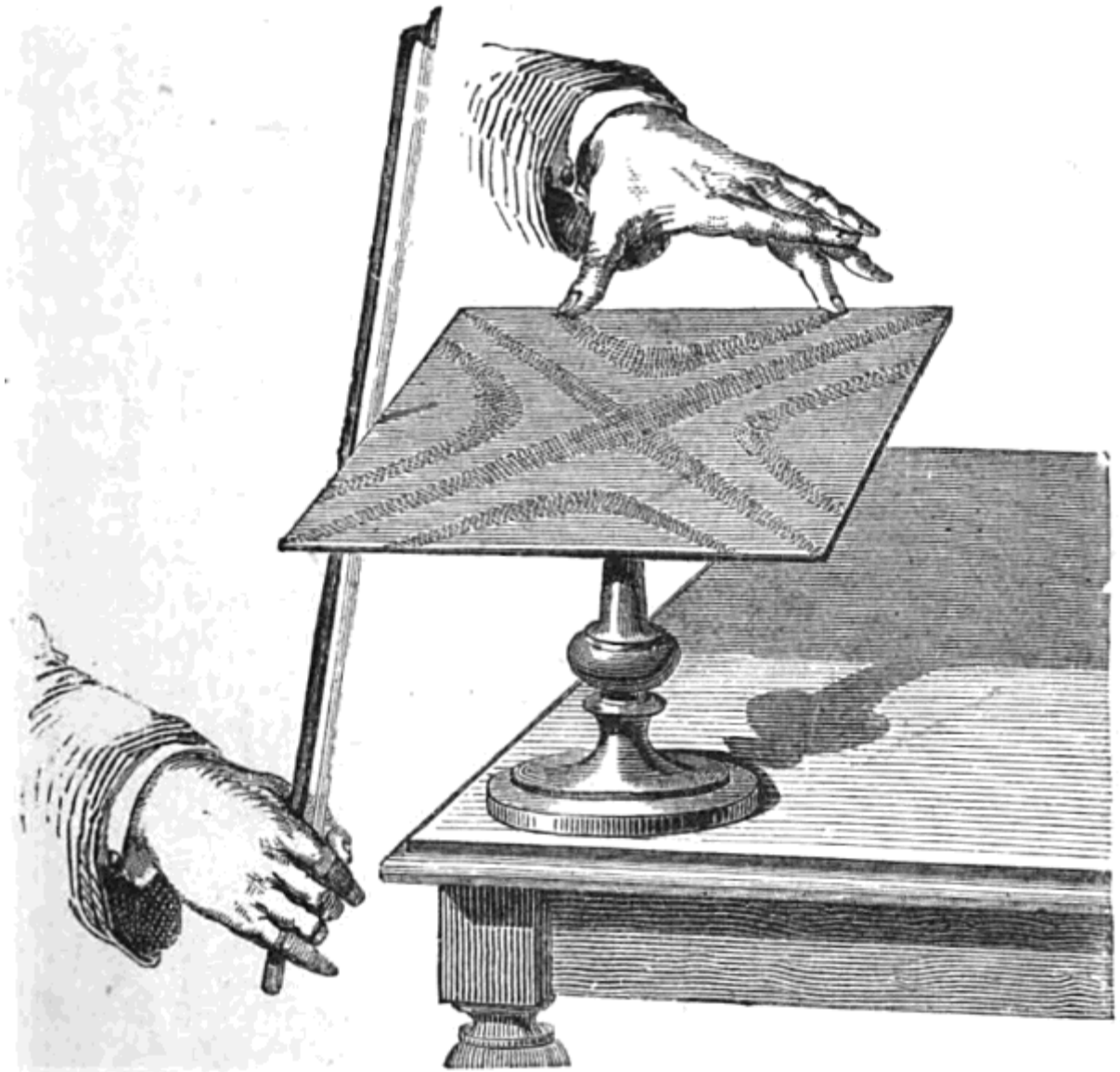
Chladnijevi vzorci

Ernst Chladni

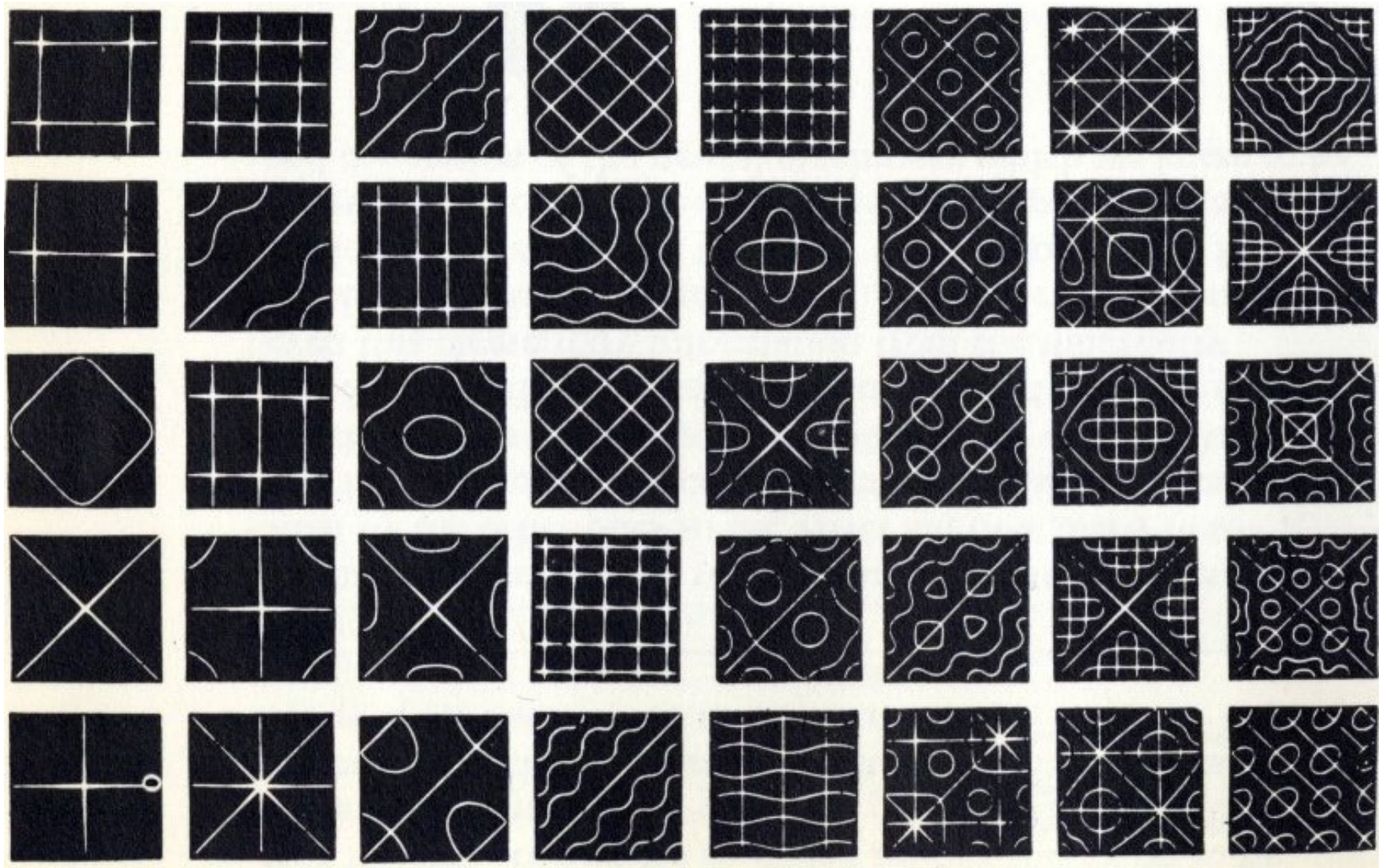
nemški fizik, astronom in glasbenik, 1756 - 1827, Wittenberg, Nemčija, Breslau (sedaj Wrocław, Poljska).

Chladni je raziskoval nihajoče plošče in računal hitrost zvoka za različne pline. Zaradi tega ga imajo včasih za »očeta akustike«. Opravil je tudi pionirsko delo pri raziskovanju meteoritov. Leta 1794 je pokazal, da so nezemeljskega izvora.

Po njem se imenuje krater Chladni na Luni in asteroid 5053 Chladni



- Pariška akademija 1808
- Napoleon ponudi nagrado za najboljšo matematično razlago
- Sophie Germain



John Tyndall, 1869

matematični opis

chladni.nb

```
Manipulate[ContourPlot[Cos[kx x Pi/2]Cos[ky y Pi/2]
+ Cos[ky x Pi/2]
× Cos[kx y Pi/2], {x, −1,1}, {y, −1,1}, PlotRange −
> {−0.1,0.1}], {kx, 1,8,1}, {ky, 1,8,1}]
```