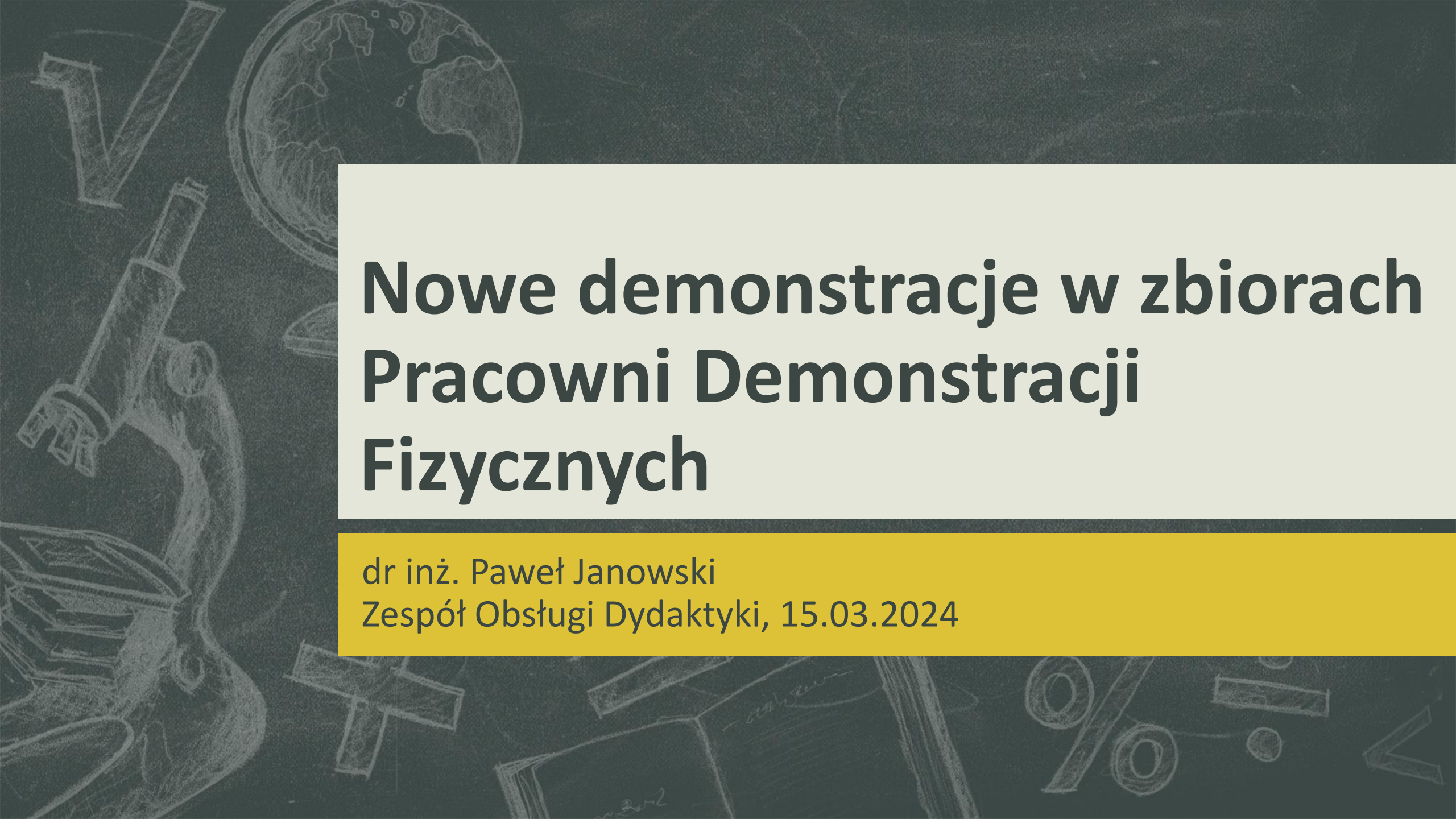


The background is a dark, textured surface with faint, light-colored sketches of various scientific and educational items. These include a globe in the upper left, a large letter 'V' in the top left, a microscope on the left side, a stack of books at the bottom left, a cross symbol, an open book with handwritten text at the bottom center, and a percentage sign and other geometric shapes at the bottom right.

Nowe demonstracje w zbiorach Pracowni Demonstracji Fizycznych

dr inż. Paweł Janowski
Zespół Obsługi Dydaktyki, 15.03.2024

Lista omówionych demonstracji

- 2.8b Strzelanie do spadającego celu
- 2.8c Szybkość średnia (tory: prosty i wygięty w dół)
- 2.8d Cykloidy i tory proste
- 2.28a Działo Galileusza, 3 kulki kauczukowe na pręcie
- 2.56a Zderzenia kul z ruchem obrotowym (kule do kręgów)
- 2.98 fale grawitacyjne
- 2.97 krzywe stożkowe (wydruki 3D)
- 5.1 Wahadło matematyczne (półilościowe)
- 5.2 Wahadła fizyczne i zredukowane (pręt, tarcza, obręcz)
- 5.2a Wahadła fizyczne: obręcze (o różnych kątach rozwarcia)
- 5.3a Łączenie sprężyn (szeregowe, równoległe)
- 5.20a Falownica Shive'a
- Spektrometr cyfrowy

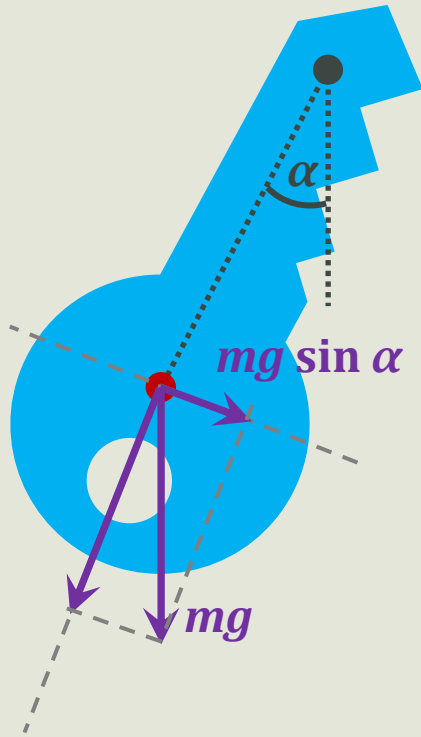
5.1 Wahadło matematyczne (półilościowe)

Możliwość demonstracji:

- a) Niezależności okresu od amplitudy – dwa wahadła o tej samej długości.
- b) Niezależności okresu od masy ciała drgającego – dwa wahadła o tej samej długości, jedno z podwójnym ciężarkiem.
- c) Zależność okresu od długości: drugie wahadło czterokrotnie krótsze od pierwszego.



5.2 Wahadło fizyczne (pręt, obręcz, tarcza)

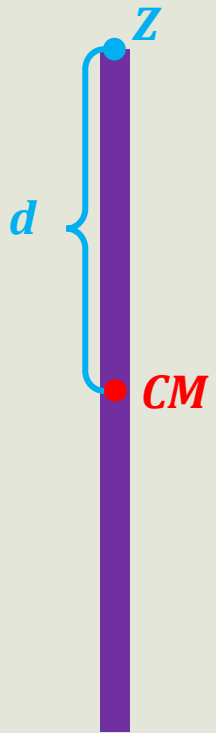


$$I\varepsilon = -mgd \sin \alpha$$

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{mgd}{I} \sin \alpha \approx -\frac{mgd}{I} \alpha = -\omega^2 \alpha$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \therefore \mathbf{T} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

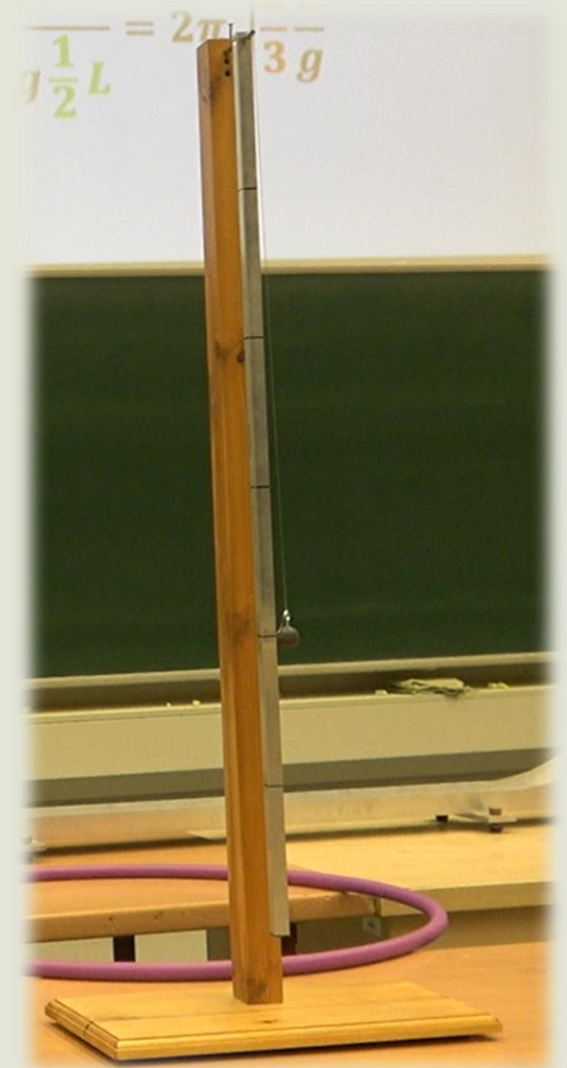
5.2 Wahadło fizyczne (preł, obręcz, tarcza)



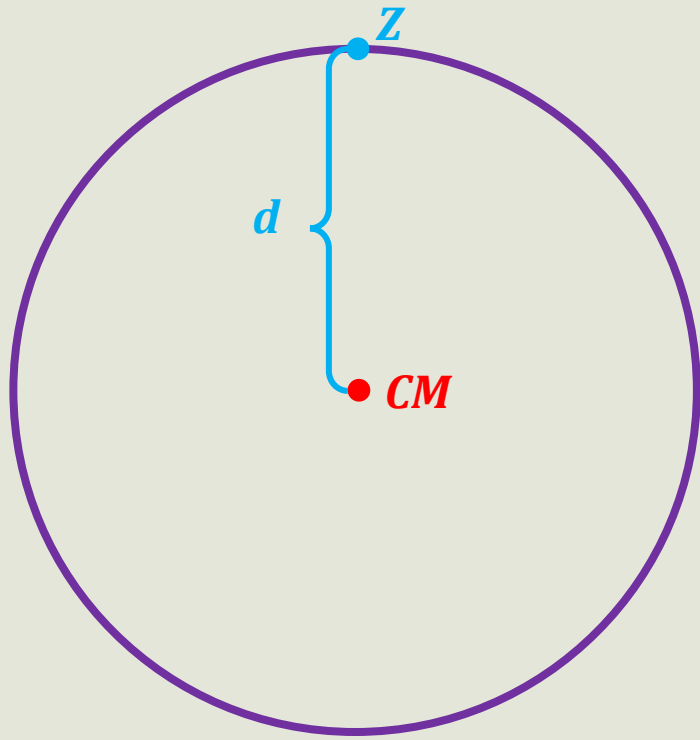
$$I_Z = I_{CM} + md^2 = \frac{1}{12}mL^2 + m\left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$I_Z = \frac{1}{12}mL^2 + \frac{1}{4}mL^2 = \frac{4}{12}mL^2 = \frac{1}{3}mL^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_Z}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3}mL^2}{mg\frac{1}{2}L}} = 2\pi \sqrt{\frac{2}{3}\frac{L}{g}}$$



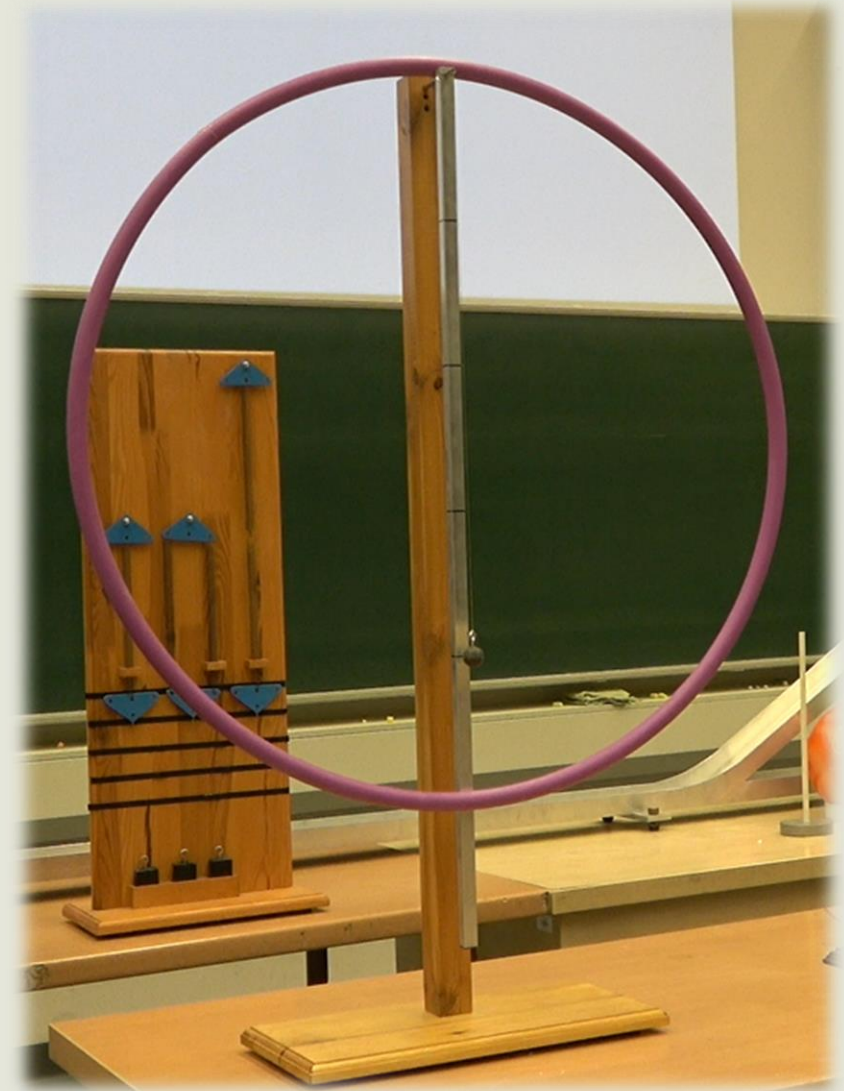
5.2 Wahadło fizyczne (pręt, **obręcz**, tarcza)



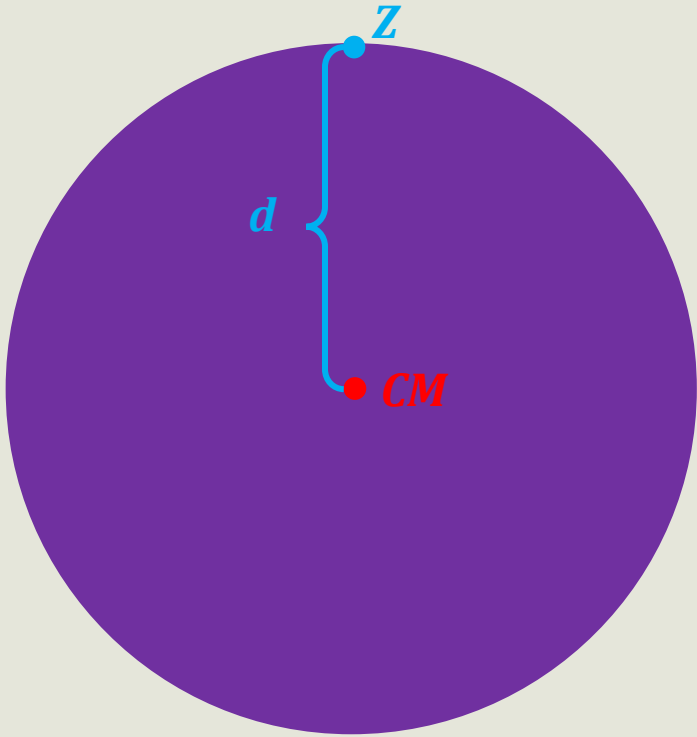
$$I_Z = I_{CM} + md^2 = mR^2 + mR^2$$

$$I_Z = 2mR^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_Z}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{2mR^2}{mgR}} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$$



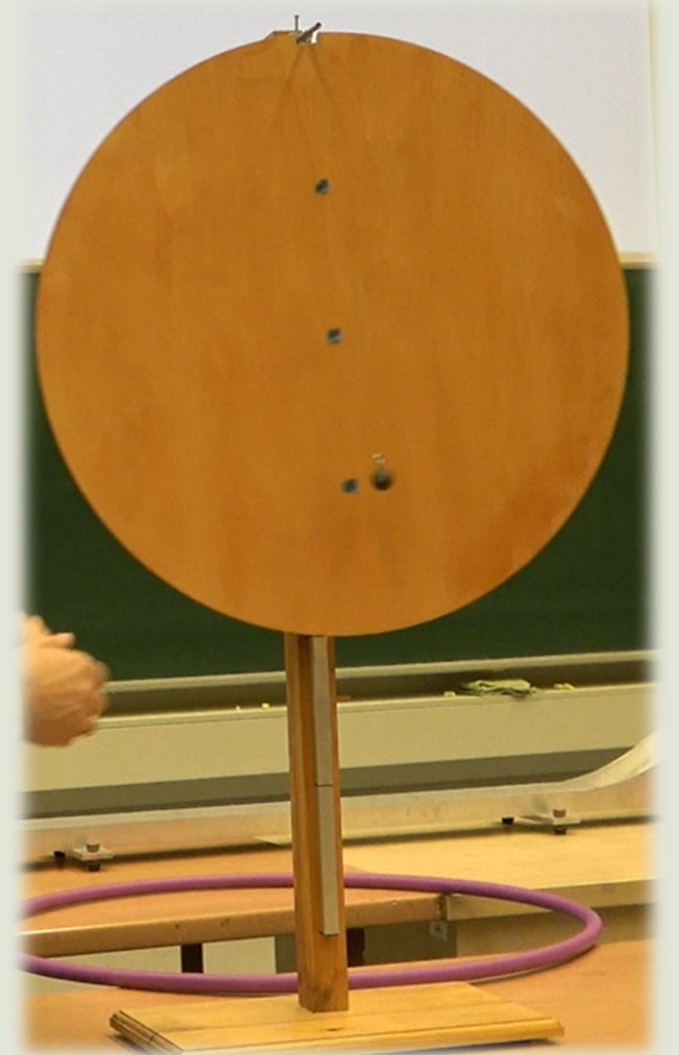
5.2 Wahadło fizyczne (pręt, obręcz, **tarcza**)



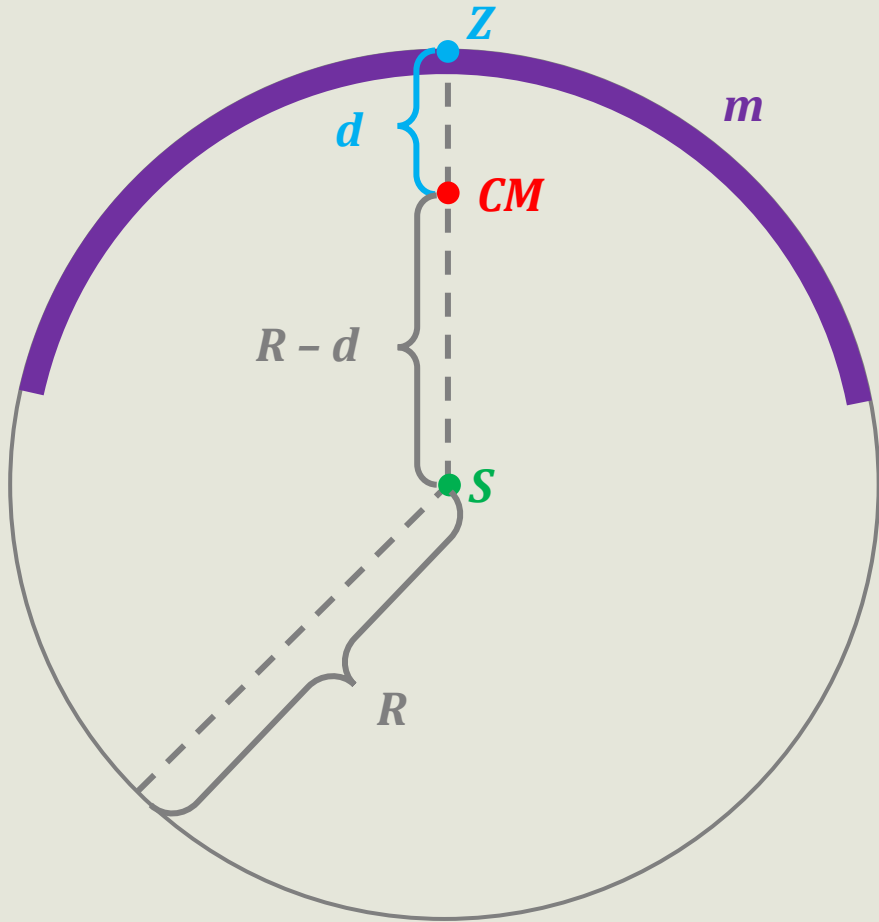
$$I_Z = I_{CM} + md^2 = \frac{1}{2}mR^2 + mR^2$$

$$I_Z = \frac{3}{2}mR^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_Z}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{3}{2}mR^2}{2mgR}} = 2\pi \sqrt{\frac{3R}{2g}}$$



5.2a Wahadło fizyczne – łuki (Wahadło łukowe ;)



$$I_S = mR^2$$

$$I_S = I_{CM} + m(R - d)^2$$

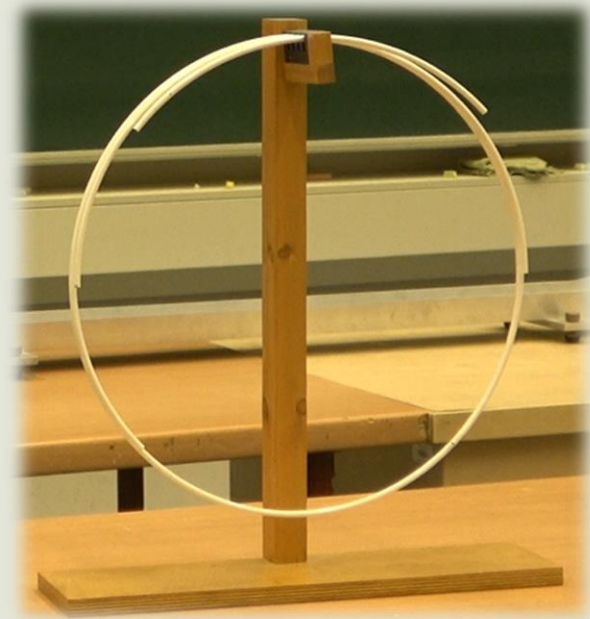
$$I_{CM} = I_S - m(R - d)^2$$

$$I_Z = I_{CM} + md^2$$

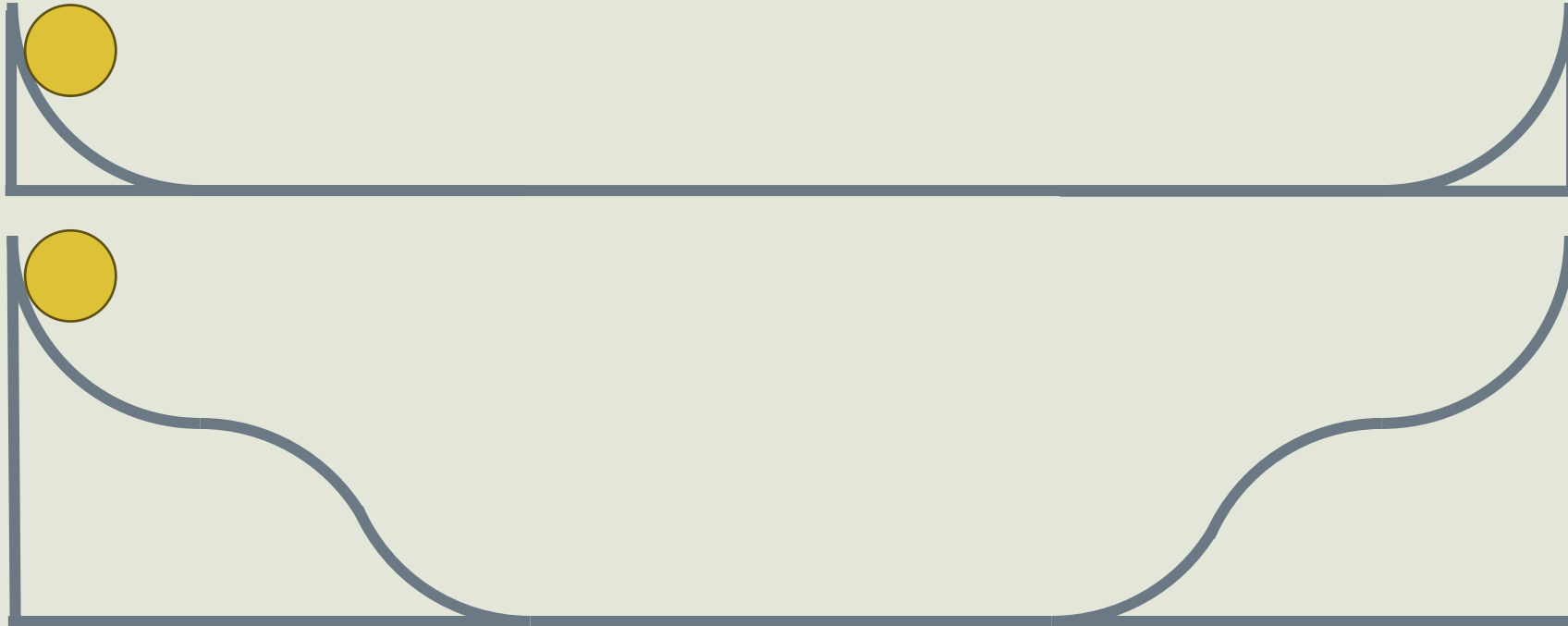
$$I_Z = I_S - m(R - d)^2 + md^2$$

$$I_Z = \cancel{mR^2} - \cancel{mR^2} + 2mRd - \cancel{md^2} + \cancel{md^2}$$

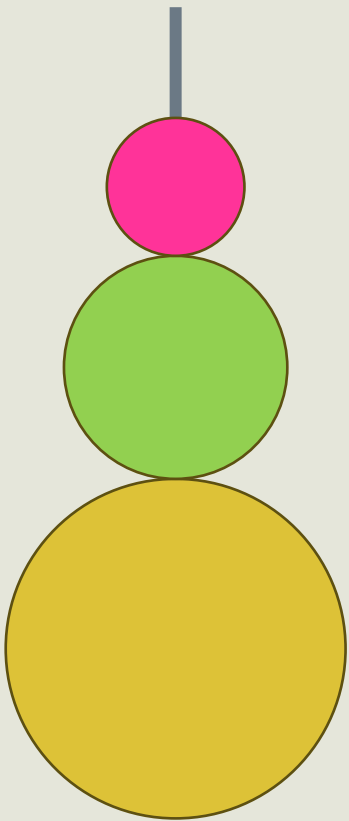
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_Z}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{2mRd}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$$



2.8c Szybkość średnia



2.28a Działo Galileusza (odbicie 3 kulek)



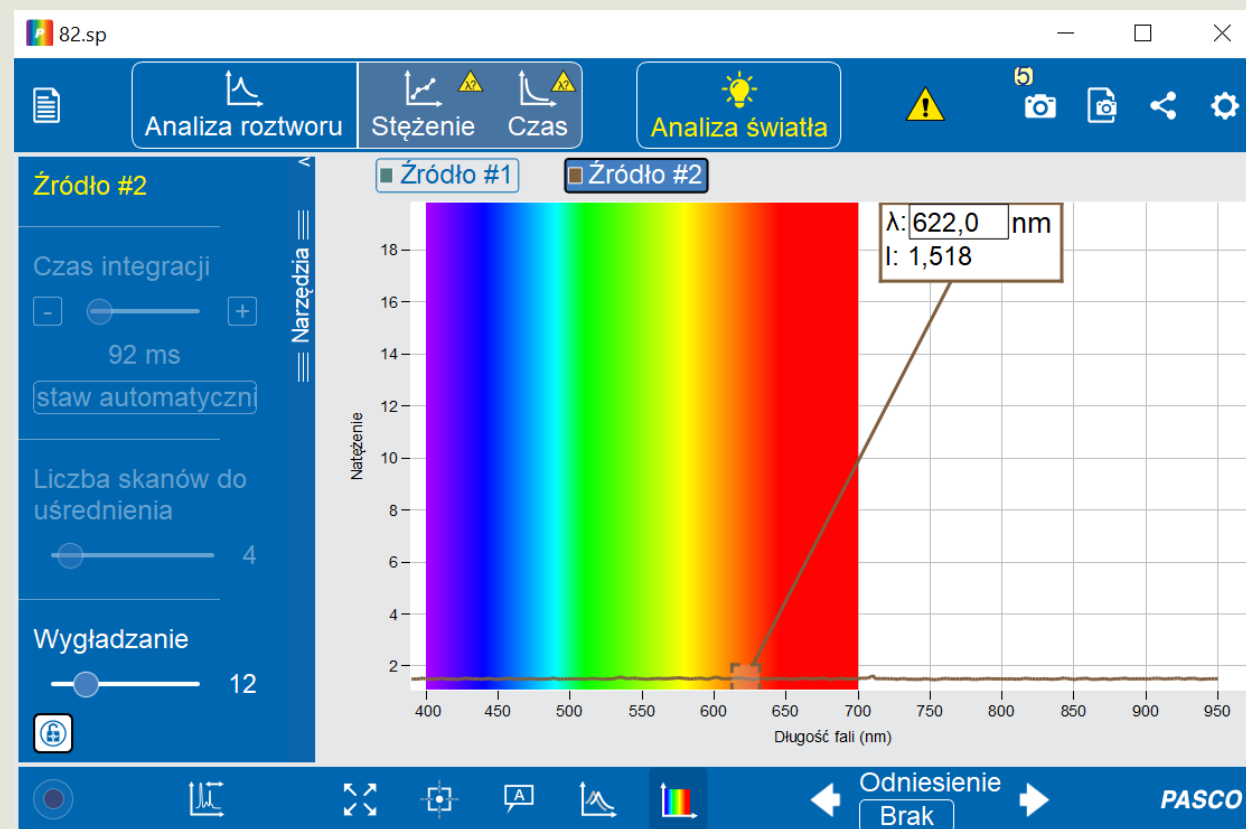
Teoretyczne maksymalne wysokości odbicia względem początkowej:

- 9 dla dwóch kul stosunku mas dążącym do zera
- 49 dla trzech kul o stosunkach mas parami dążących do zera
- 225 dla układu czterech kul, jak wyżej
- 961 dla układu pięciu kul.

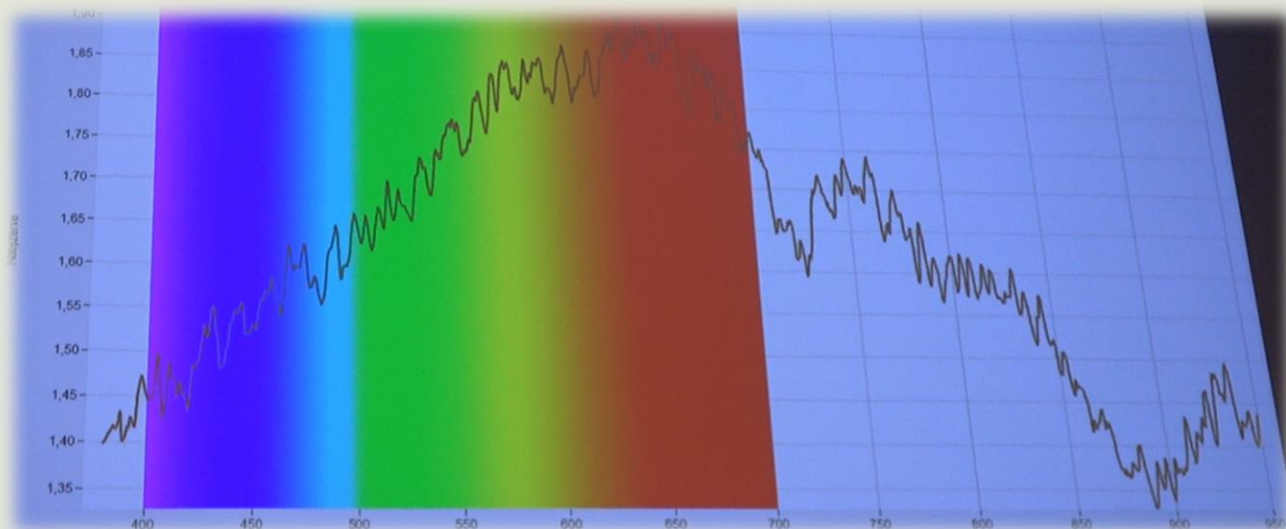
Całość przy założeniu braku strat energii w trakcie odbić.



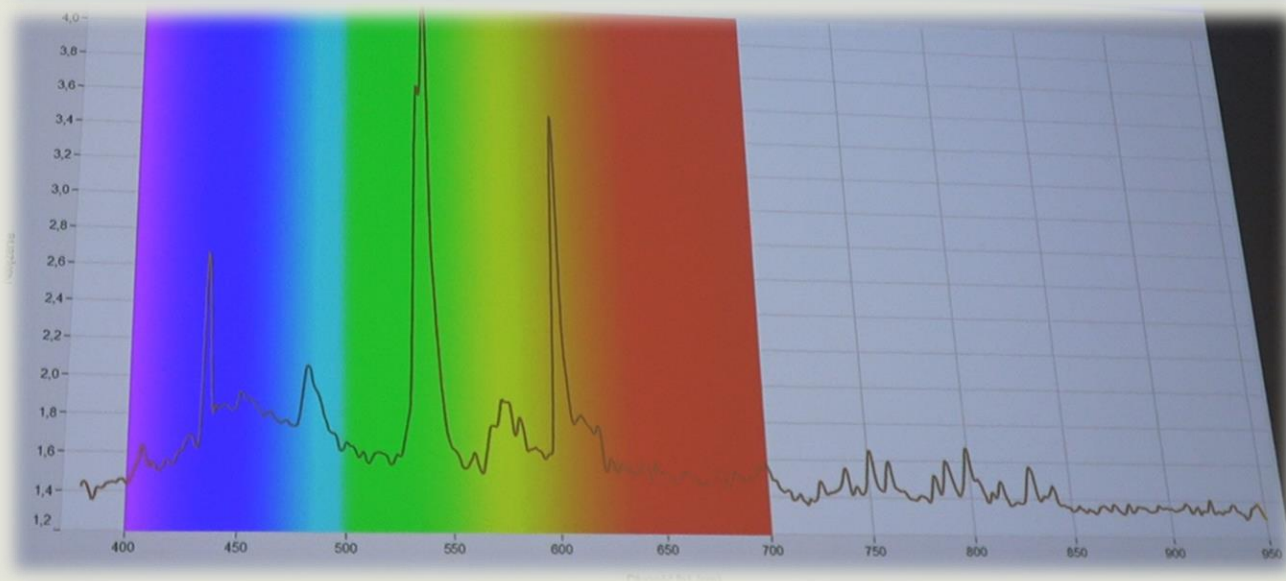
2.28a Spektrometr cyfrowy



2.28a Spektrometr cyfrowy

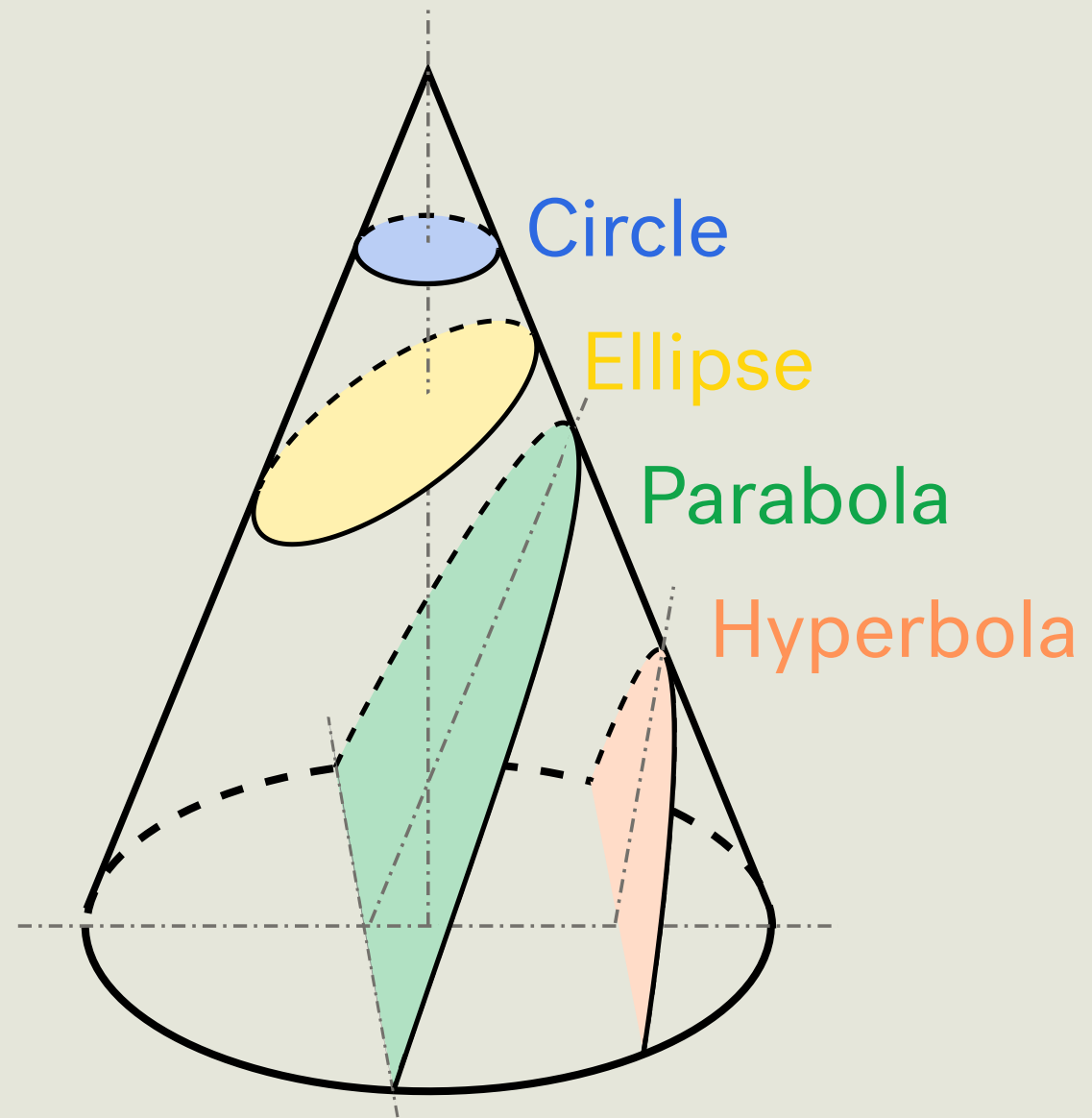
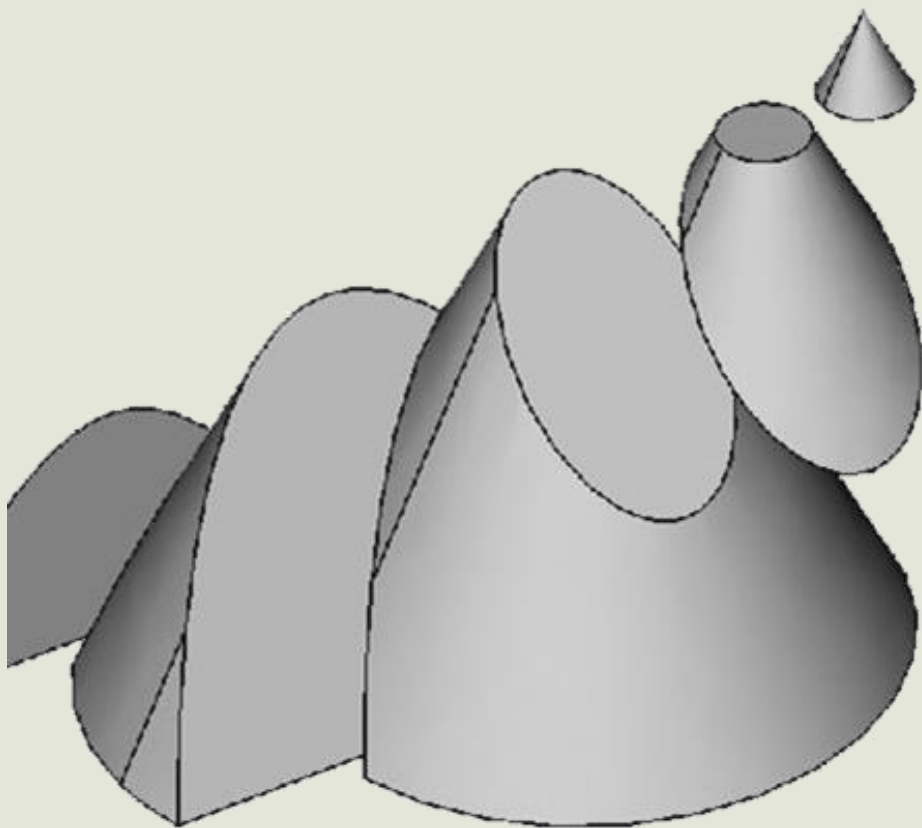


Widmo żarówki



Widmo świetlówki

2.97 Krzywe stożkowe



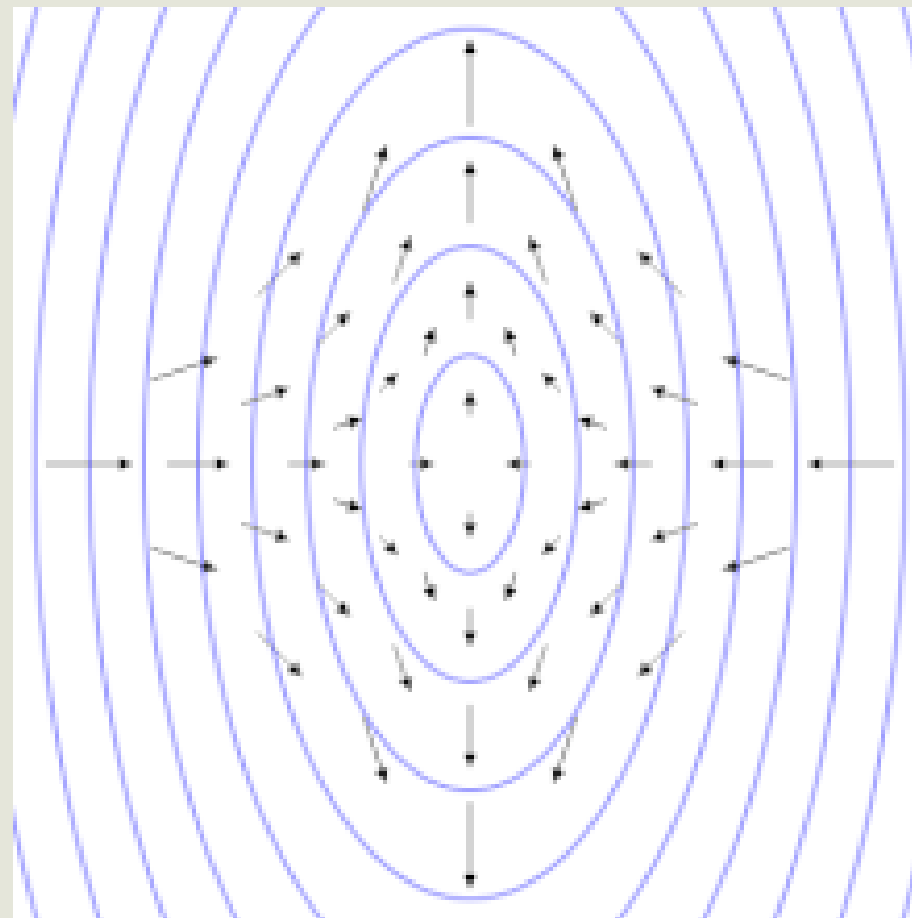
2.98 Fale grawitacyjne (wizualizacja sygnałów)



GW150914



GW170817



2.98 Fale grawitacyjne

~440Mpc = 1 435 000 000 light years

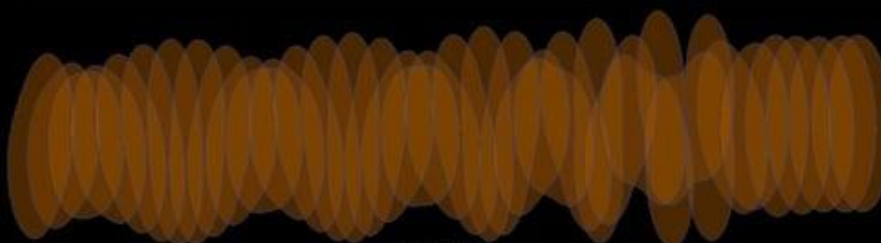


2 black holes spiral closer and closer together until they violently merge.

Their movement creates ripples in spacetime, called *gravitational waves*, that propagate at the speed of light.

A passing gravitational wave deforms spacetime, changing the shape of objects which are not rigidly held together, like this ring of freely floating masses.

Using extremely sensitive detectors we can measure these effects.



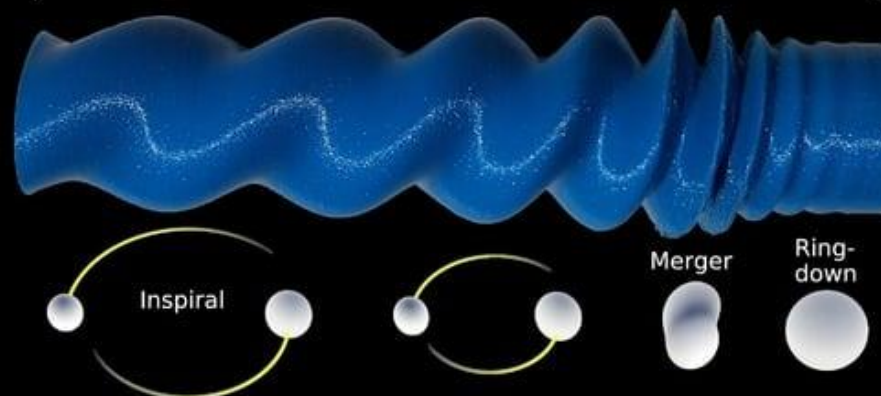
0.108 s

Stacking these deformed rings gives a 3D view of the time evolution of the gravitational wave signal. On the left is the last ~1/10 second of the merger. The effects are *tiny*, here they are exaggerated by a factor 5×10^{20} ($=500000000000000000000$)!

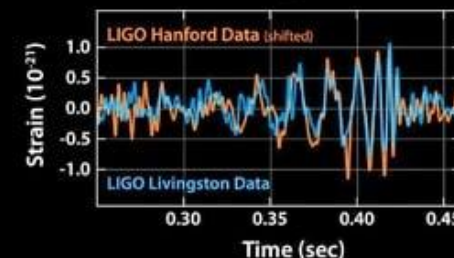


This representation can be converted into an stl file and 3D printed.

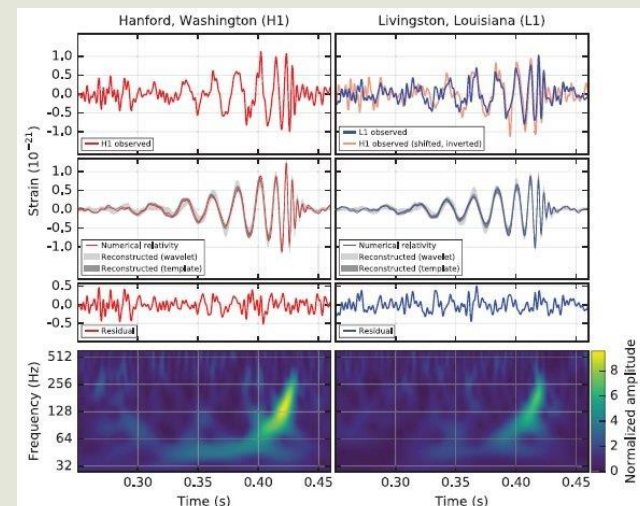
The specific shape of the signal depends on the masses of the black holes and their orientation.



The phases of the black hole merger can be seen clearly: The black holes orbit with increasing frequency (and increasing gravitational wave amplitude) until they merge. Then the amplitude decays exponentially as the final black hole settles down and becomes spherical.

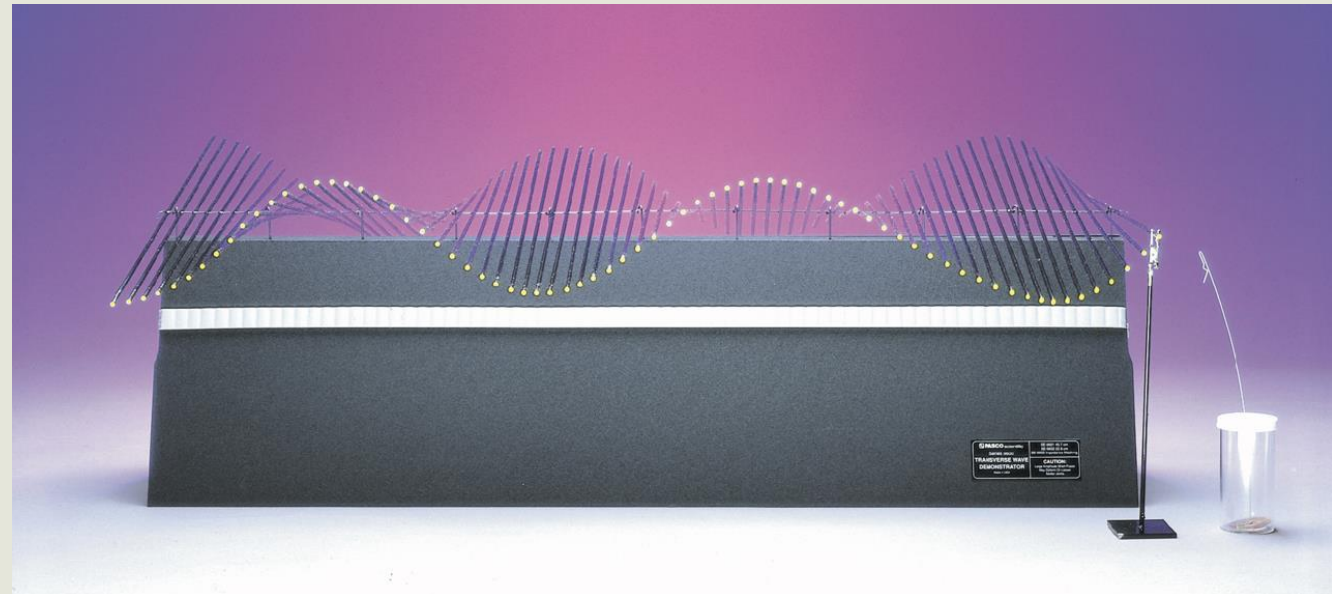


Paul Klinger (2018)

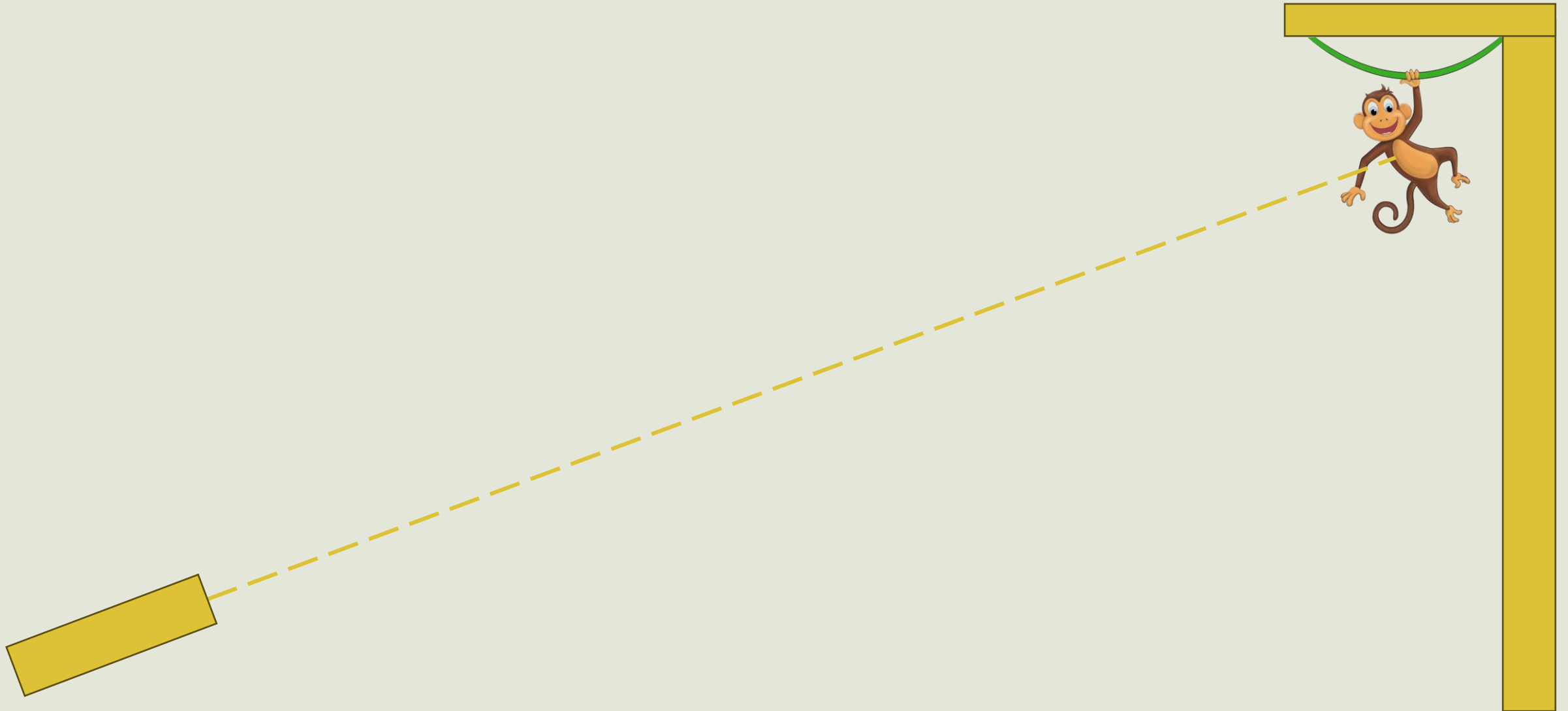


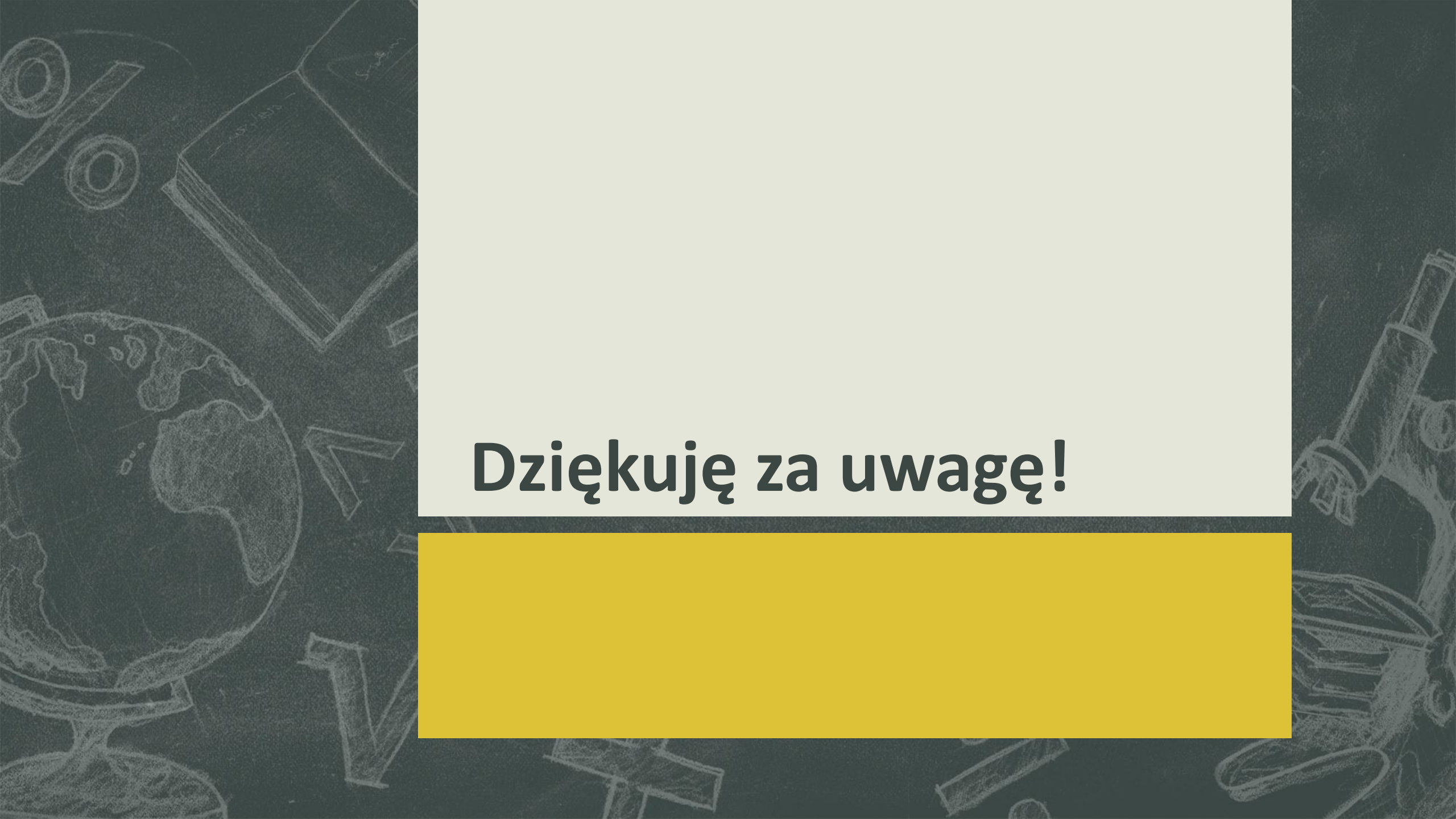
5.20a Falownica Shive'a (falownica z Bell Labs)

1. Impuls falowy, prędkość w różnych ośrodkach
2. Odbicie ze zmianą fazy i bez
3. Dodawanie impulsów tych samych i przeciwnych
4. Tłumienie na końcu: dostrojony brak odbicia
5. Fale biegnące
6. Fale stojące
7. Fale stojące: odbicie ze zmniejszeniem amplitudy
8. Dwa ośrodki: przejście i odbicie
9. Dopasowanie impedancyjne między ośrodkami

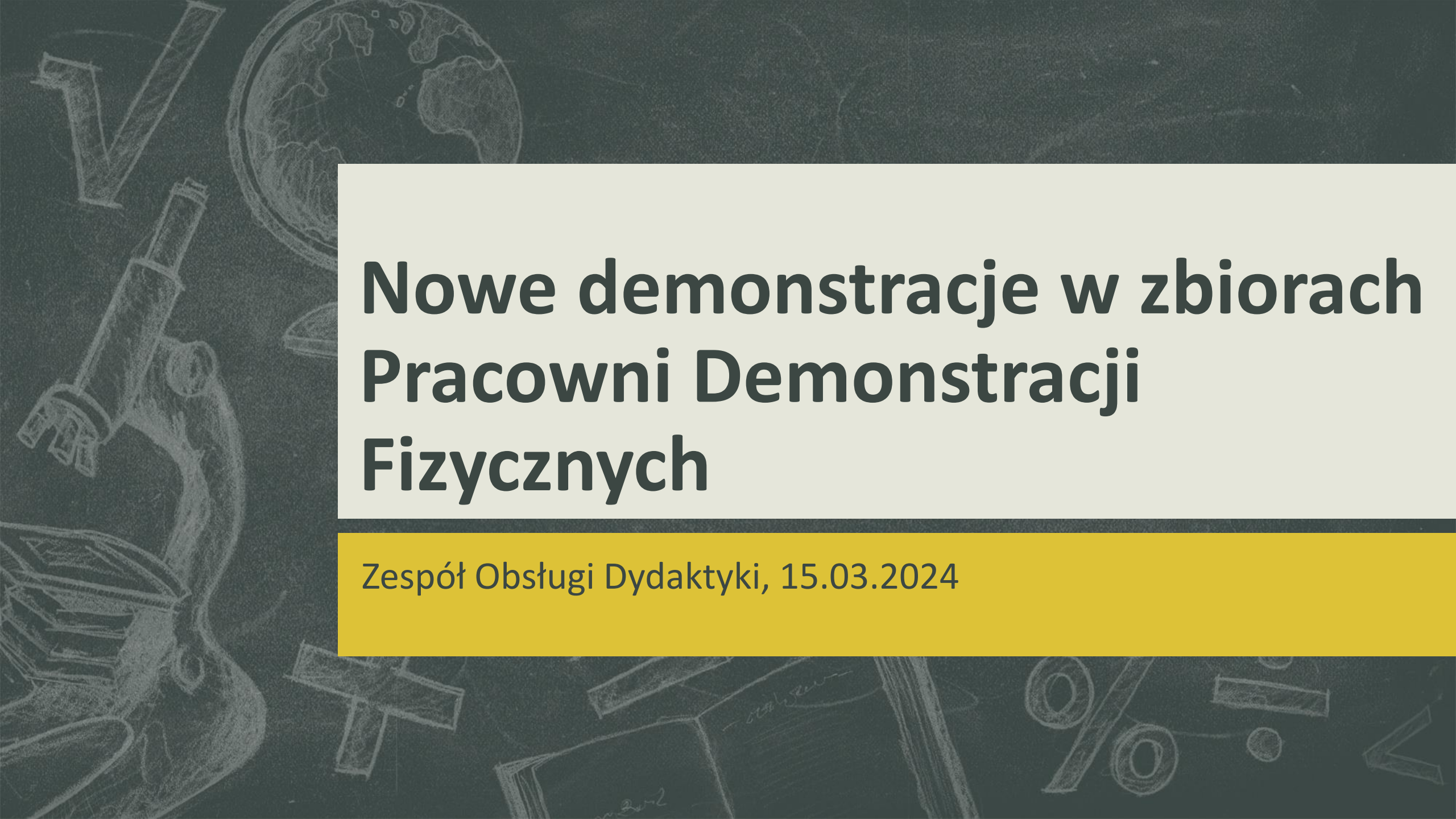


X.XXa Strzelanie do małpy



The background features a dark, textured surface resembling a chalkboard, covered with faint, light-colored chalk drawings of various school-related items. These include a globe on the left, a stack of books at the top left, a pair of compasses, a ruler, and a microscope on the right. The central text is set against a white rectangular background.

Dziękuję za uwagę!

The background is a dark, textured surface with faint, light-colored sketches of various scientific and educational concepts. These include a globe in the upper left, a large letter 'V' in the top left, a microscope on the left side, a stack of books at the bottom left, a cross symbol, an open book with handwritten notes at the bottom center, and a large percentage sign and an exclamation mark on the bottom right.

Nowe demonstracje w zbiorach Pracowni Demonstracji Fizycznych

Zespół Obsługi Dydaktyki, 15.03.2024