

## Waga tensometryczna z ołówka

*(Bogusław Malański: Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne im. Arego Sternfelda- Łódź)*

### Wstęp

Tytuł brzmi dość poważnie. Tensometr to czujnik, który zmienia pewną wielkość, np. opór elektryczny pod wpływem odkształcenia związanego z naprężeniem. Takie czujniki przymocowuje się do badanych obiektów, które poddajemy odkształceniom.

Proponuję zbudowanie prostej wagi tensometrycznej. W internecie znalazłem informację, że ołówki elastyczne, które można wyginać (niektóre dość znacznie) posiadają tzw. rysik wykonany z pewnego rodzaju polimerów z dodatkiem grafitu. Rysik ten zmienia swój opór elektryczny pod wpływem naprężenia. Zbudujemy zatem wagę tensometryczną oporową. W moim egzemplarzu użyłem ołówka firmy: **BIC EColutions Evolution 650 HB No. 2** –**Rys. 1**. Ołówek został zakupiony w sklepie z materiałami piśmienniczymi w Łodzi i kosztował 1,75zł. Zapewne wielu innych producentów wytwarza takie ołówki, a ceny nie różnią się zbyt wiele. Nazwa ECO dotyczy zapewne oprawki ołówka, która wyraźnie nie jest drewniana.



Rys. 1

Na końcach ołówka wykonujemy wcięcia, które pozwolą na podłączenie omomierza do rysika.

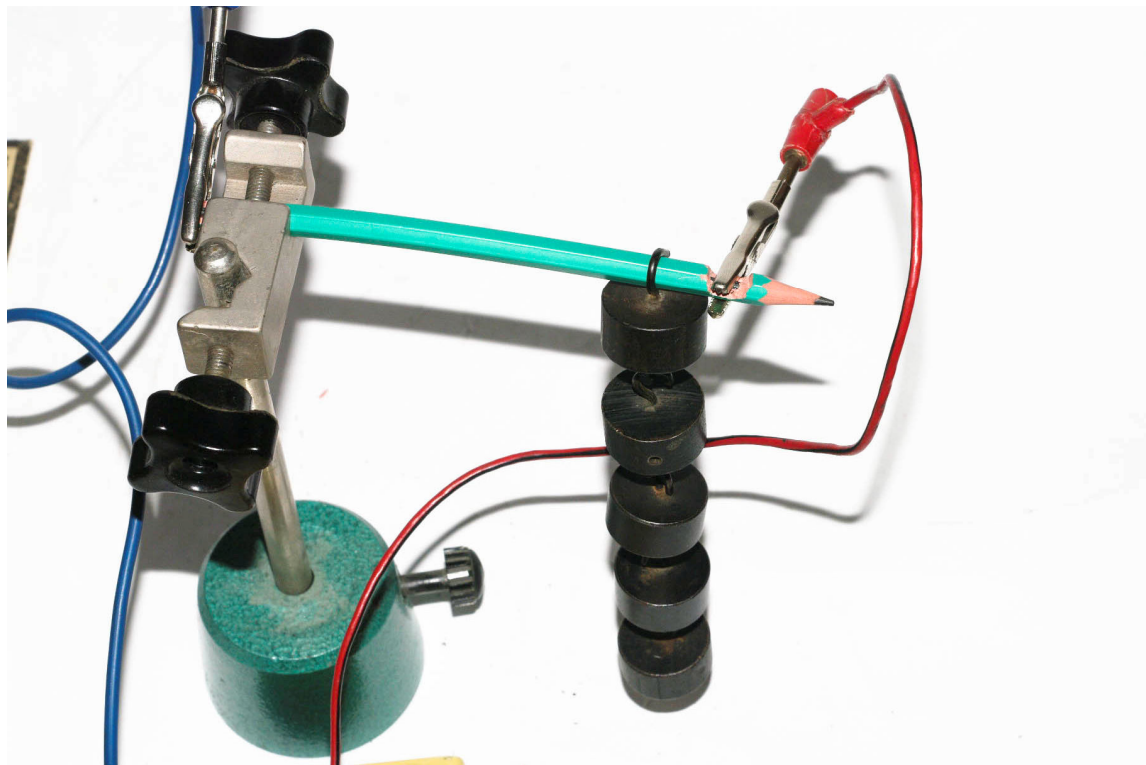


**Rys. 2**



**Rys. 3**

Reszta jest już banalna. Jeden koniec ołówka mocujemy w uchwycie. Do odsłoniętych fragmentów rysika podłączamy końcówki omomierza. Drugi koniec ołówka obciążamy.

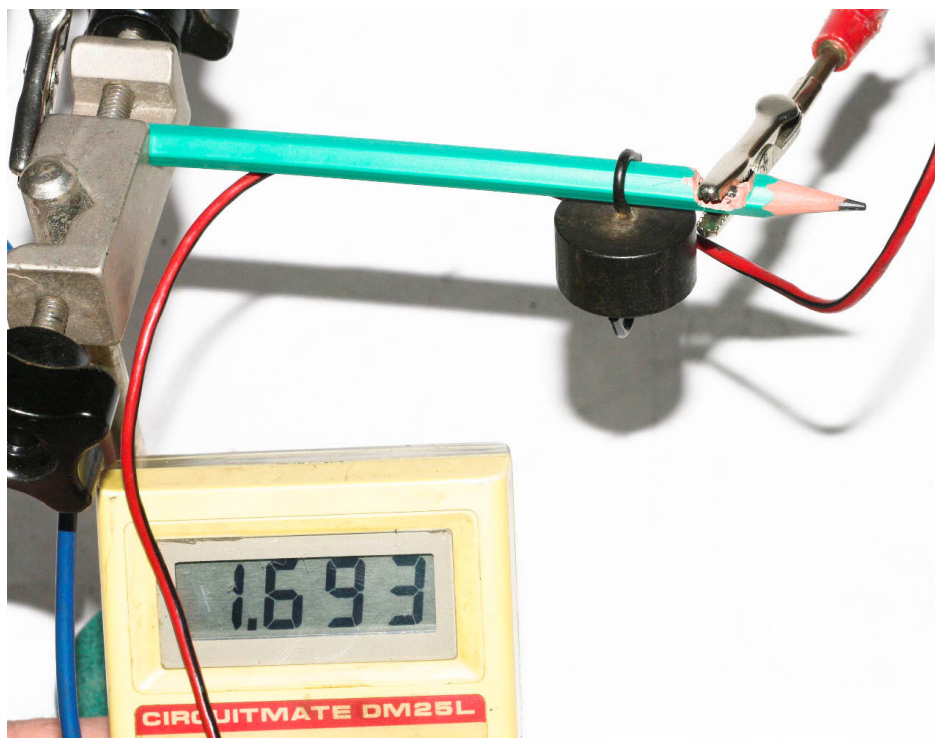


**Rys. 4**

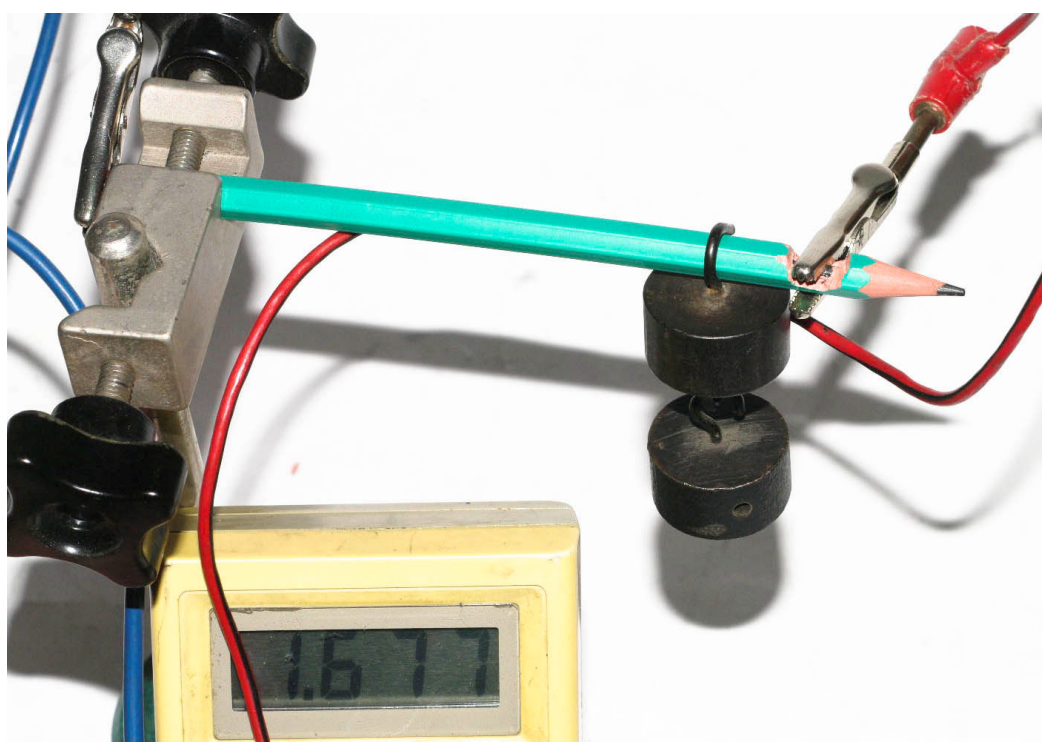
Ja użyłem gotowych ciężarków 50 gramowych dostępnych w każdej, nawet najbiedniejszej szkolnej pracowni fizyki, ale można użyć cokolwiek innego o znanej masie. Należy naszą wagę wyskalować zawieszając „znaną masę” i notując odczytaną wartość oporu elektrycznego. Następnie sporządzamy wykres typu : **opór elektryczny = f(obciążenie)**. Nie podaję żadnych danych liczbowych (nie wspominając już o jednostkach obciążenia) gdyż silnie zależą one od typu ołówka, jego długości, miejsca zamocowania ołówka oraz miejsca jego obciążenia. Dodatkowo od kontaktu rysika z przewodem – tzn. rozewrzemy krokodylek, zaciśniemy go ponownie - już nie tak samo; mierzona rezystancja jest inna. Może to być swoją drogą dodatkowym punktem do dyskusji z uczniami, jak zapewnić powtarzalne warunki doświadczenia..

Jeżeli waga ma służyć na nieco dłużej, to warto wykonać połączenie z odsłoniętym rysikiem w sposób następujący: owijamy wycięte miejsce ołówka z odsłoniętym rysikiem kilkoma zwojami odizolowanego drutu , miejsce owinięcia pokrywamy klejem np. Poxipol, który wiąże w ciągu 5 minut

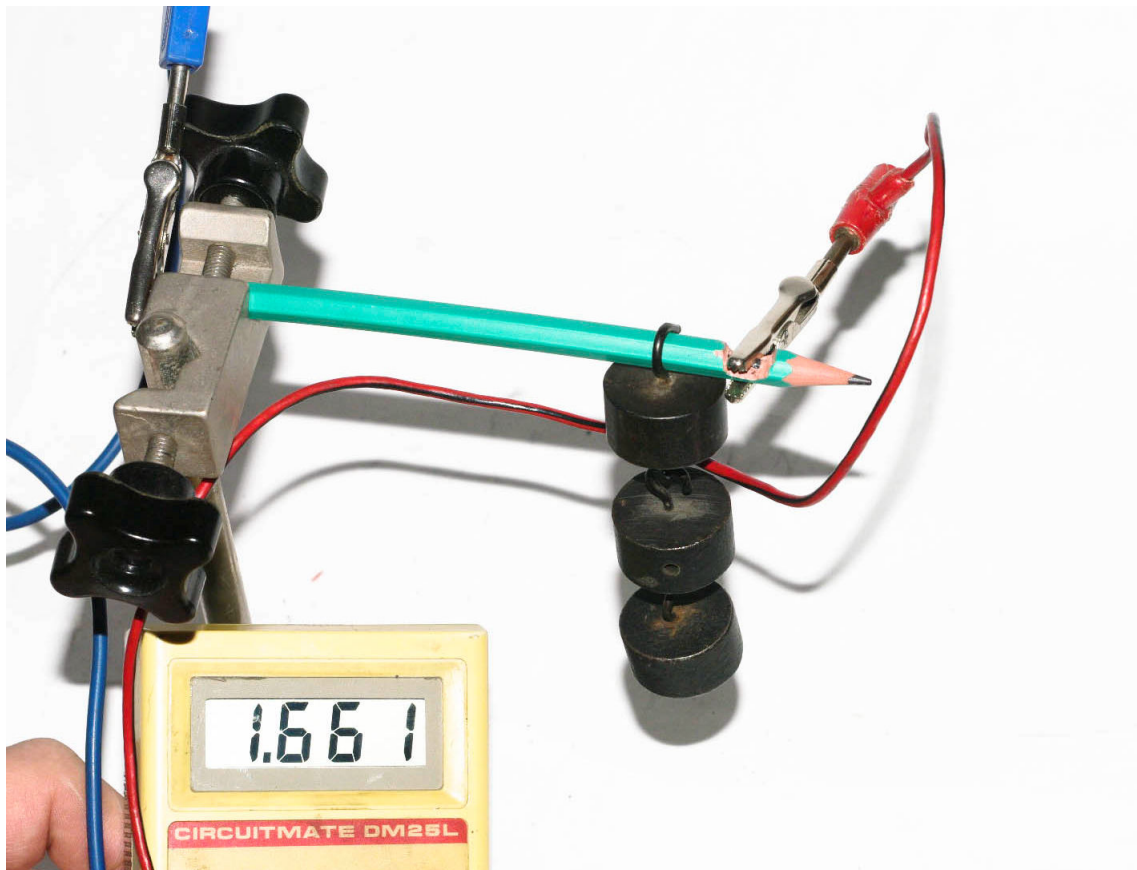
zabezpieczając połączenie już na stałe. Wpływ kontaktu na pomiar został wyeliminowany.



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7

Rysunki 5,6,7 pokazują etapy skalowania mojej wagi. Otrzymany wykres skalowania wagi jest w przybliżeniu liniowy, zwłaszcza jeżeli zapewnimy niezmienny kontakt elektryczny z rysikiem oraz nie przekroczymy zakresu odkształceń sprężystych.

Po wyskalowaniu możemy przystąpić do ważenia czegokolwiek. Z omomierza odczytujemy opór elektryczny, a z wykresu odnajdujemy ciężar.

Co nam daje zrobienie wagi tensometrycznej oporowej?

**Mechanika** – masa, ciężar, moment siły, odkształcenia sprężyste

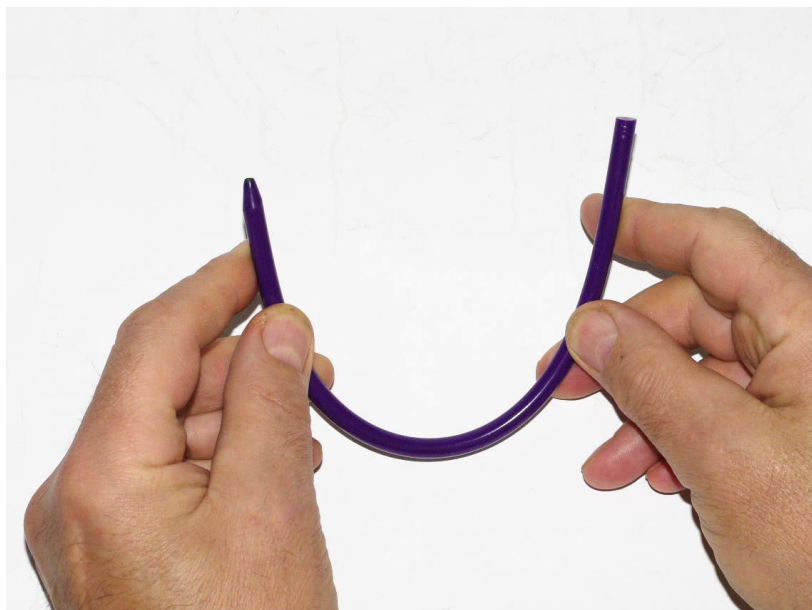
**Elektryczność** – opór elektryczny, budowa omomierza i jego użycie

**Matematyka** – sporządzanie wykresów na podstawie danych liczbowych, korzystanie z gotowego wykresu.

Cała zabawa kosztuje kilka złotych, nie licząc kosztu omomierza, który zapewne jest w szkolnej pracowni fizyki. Jeżeli nie to proste cyfrowe mierniki (oczywiście chińskie) można kupić w sklepach za około 15-20 zł lub na bazarach za około 10 zł. To niedużo (2-3 duże butelki Coca-Coli, która rozpuszcza zęby), a miernik przyda się do innych doświadczeń.

### **UWAGI:**

Ołówek elastycznych czy nawet superelastycznych jest mnóstwo na rynku. Niektóre z nich można zwinąć w pętelkę – Rys. 8, 9. Źródło zakupu to sklepy z „dziwnymi gadżetami”, sklepy typu „wszystko po ...zł”, papirnie, jak i okoliczne bazarki. Ja wybrałem ołówek umiarkowanie elastyczny, gdyż stanowił on od razu ramię mojej wagi. Warto jednak pomyśleć nad skonstruowaniem wagi lub siłomierza z wykorzystaniem ołówek superelastycznych, gdyż ich rezystancja w trakcie odkształcania zmienia się w dużo większym zakresie niż w ołówkach umiarkowanie elastycznych



**Rys. 8**



**Rys. 9**

Zwykłe ołówki (drewniana oprawka ,rysik ; mieszanina grafitu z kaolinem) też przy odkształcaniu wykazują oporowe właściwości tensometryczne. Problem w ich użyciu leży w tym, że do odkształcenia ich potrzebne są duże siły a przy wygięciu o około  $5^{\circ} - 7^{\circ}$  gwałtownie pękają. Dodatkowo rysiki w tradycyjnych ołówkach często bywają w środku pęknięte, co daje na omomierzu wynik:  $\infty \Omega$ .