

## Zadanie 1 (15 pkt.)

Studenci fizyki postanowili przetestować zasadę zachowania energii mechanicznej, a ponieważ chcieli poczuć również dreszcz emocji wybrali do tego skok na „bungee”. Przeanalizuj zachodzące w trakcie skoku przemiany energii mechanicznej. Oblicz jaka musi być długość liny, aby skacząc z najwyższego mostu w Polsce skoczek o wroście  $1,80\text{ m}$  i wadze  $70\text{ kg}$ , któremu linę przywiązano do stóp, był bezpieczny. Pomiń siły oporu powietrza. Przyjmij, że w całym zakresie lina spełnia prawo Hooke’a. Stała sprężystości liny wynosi  $40\text{ N/m}$ . Jakiego przeciążenia dozna taki skoczek?

## Zadanie 2 (20 pkt.)

Cząstka  $\alpha$  wlatuje w obszar jednorodnego pola magnetycznego o indukcji  $B = 0,04\text{ T}$ . Oblicz pod jakim kątem wpada w pole magnetyczne i jakim napięciem została przyspieszona, jeżeli wiadomo, że porusza się po linii śrubowej o promieniu  $2\text{ cm}$  i skoku  $0,3\text{ cm}$ . Ile wynosiłoby napięcie dla elektronu poruszającego się po takim samym torze? Brakujące dane odszukaj w tablicach fizycznych. Wykonaj rysunki dla każdej z cząstek z zaznaczeniem wektorów: indukcji pola magnetycznego, prędkości cząstki i siły Lorentza.

Czy w przypadku którejś z cząstek należałoby uwzględniać poprawki relatywistyczne? Odpowiedź uzasadnij, ale nie uwzględniaj poprawek w obliczeniach.

## Zadanie 3 (25 pkt.)

Jean Baptiste Perrin wyznaczył stałą Avogadra na kilka sposobów, za co m.in. został odznaczony w 1926 roku Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki. Tytuł nagrody brzmiał „Za odkrycie nieciągłej struktury materii, a szczególnie za odkrycie równowagi w procesach osadzania”.

Jeden z jego eksperymentów polegał na obserwacji pod mikroskopem zmiany koncentracji zawieszonych w cieczy cząsteczek gumiguty<sup>\*)</sup>. Dla odległości między dwiema warstwami cieczy  $h = 100\text{ }\mu\text{m}$  liczba zawieszonych cząsteczek gumiguty była w jednej warstwie dwukrotnie większa niż w drugiej.

Oblicz liczbę Avogadra na podstawie danych wyznaczonych przez Perrina:

- temperatura gumiguty to  $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- średnica cząstek gumiguty to  $d = 0,3\text{ }\mu\text{m}$ ,
- różnica gęstości między cząsteczkami gumiguty a cieczy, w której były zawieszone to  $\Delta\rho = 0,2\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

Skorzystaj z wzoru barometrycznego, który określa prawo zmniejszania się ciśnienia gazu (cząsteczki gumiguty można z pewnym przybliżeniem potraktować jak cząsteczki gazu) wraz z wysokością w polu siły ciężkości:

$$p_h = p_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}},$$

gdzie:

- $p_h$  – ciśnienie gazu na wysokości  $h$ ,
- $p_0$  – ciśnienie gazu na wysokości  $h = 0$ ,
- $e$  – liczba Eulera,
- $\mu$  – masa molowa gazu,
- $g$  – przyspieszenie ziemskie,
- $R$  – stała gazowa,
- $T$  – temperatura gazu.

<sup>\*)</sup> Gumiguta to odparowany sok mleczny indyjskiego drzewa mangostan (łac. *Garcinia* L.). Drobinę gumiguty mają prawie idealny kształt sferyczny.

## Zadanie 4 - doświadczalne (40 pkt.)

### Wyznaczanie modułu Younga makaronu typu spaghetti

#### Wstęp

Zagadnienia: *prawo Hooke'a, moduł Younga*

Celem zadania jest doświadczalne wyznaczenie modułu Younga makaronu typu spaghetti. Eksperyment będzie polegał na zmontowaniu odpowiedniego stanowiska, wykonaniu pomiarów w celu wyznaczenia modułu Younga i przeprowadzeniu rachunku niepewności.

#### Idea eksperymentu

W trakcie ściskania w materii występują naprężenia wewnętrzne spowodowane przyłożoną siłą zewnętrzną. Euler opisał dla pręta wartość siły krytycznej, po przekroczeniu której następuje nieodwracalne zniszczenie materiału, następującym wzorem:

$$F_{kryt} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_m}{(\mu \cdot L)^2} \quad (1)$$

gdzie:

$F_{kryt}$  – siła krytyczna powodująca całkowite zniszczenie materiału,

$E$  – moduł Younga,

$J_m$  – najmniejszy moment bezwładności przekroju badanego pręta obliczany ze wzoru:

$$J_m = \frac{\pi D^4}{64} \quad (2),$$

$D$  – średnica pręta,

$L$  – długość obiektu badanego w kształcie pręta,

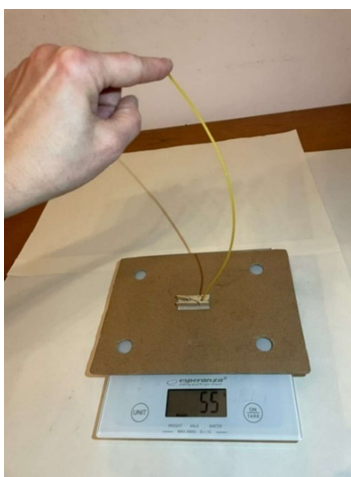
$\mu$  – bezwymiarowy współczynnik długości wybojeniowej, który reprezentuje, w jaki sposób był podparty na obu końcach badany obiekt w trakcie ściskania. Zależy on od właściwości przekroju, długości wybojeniowej pręta (więc od warunków podparcia) i od własności materiału pręta.

#### Przebieg doświadczenia

Przyrządy potrzebne do przeprowadzenia eksperymentu:

- waga elektroniczna,
  - linijka,
  - suwmiarka lub śruba mikrometryczna,
  - całe nitki makaronu typu spaghetti (z jednej paczki),
  - karton i element o kilkucentymetrowej wysokości, w którym można umieścić makaron w pozycji pionowej (np. cienka rurka, plastikowa zatyczka pisaka, kilka sklejonnych warstw tekturki z małym otworem),
  - telefon z możliwością nagrywania lub kamera.
1. Przygotuj kartonową podstawkę z przymocowanym elementem stabilizującym miejsce styku makaronu z podłożem (element, w którym można umieścić nitkę makaronu w pozycji niemal pionowej).
  2. Kartonową podstawkę wraz z elementem stabilizującym umieść na wadze elektronicznej (kuchennej) i wytaruj wagę.

3. Zmierz długość  $L$  badanej nitki makaronu.
4. Zmierz średnicę  $D$  badanej nitki makaronu.
5. Umieść makaron w elemencie stabilizującym i powoli naciskaj palcem jego górny koniec działając siłą w kierunku pionowym.
6. Obserwuj zmianę wskazań wagi w czasie nacisku i odczytaj wartość w chwili zniszczenia makaronu (maksymalna wartość wskazań wagi). Obserwuj również jaki kształt przyjmuje nitka makaronu. W celu zapewnienia dokładnego odczytu wskazania wagi w momencie zniszczenia makaronu nagraj pomiary. Nagranie pomoże również poprawnie określić kształt wygiętego makaronu.
7. Wykonaj pomiary dla sześciu nitek makaronu.



*Przykładowe stanowisko pomiarowe*

### Opracowanie wyników pomiarów

1. Dane pomiarowe możesz opracowywać z użyciem arkusza kalkulacyjnego.
2. Oblicz niepewności  $u_b(L)$  i  $u_b(D)$  jako dokładność urządzenia pomiarowego podzieloną przez pierwiastek z 3.
3. Oblicz moment bezwładności przekroju makaronu  $J_m$  dla każdej nitki. Czy wartości te różnią się?
4. Oblicz średnią wartość  $\overline{J_m}$ .
5. Oblicz niepewność momentu bezwładności  $u_b(J_m)$  korzystając ze wzoru na niepewność względną:

$$\frac{u_b(J_m)}{J_m} = \frac{4u_b(D)}{D} \quad (3)$$

6. Na podstawie obserwacji kształtu wygiętego makaronu określ dla każdej badanej nitki makaronu wartość współczynnika  $\mu$  porównując zaobserwowany kształt z rycinami zamieszczonymi pod [Linkiem](#).
7. Dla każdej  $i$ -tej nitki makaronu oblicz siłę krytyczną ze wzoru:

$$F_{kryty} = m_i \cdot g \quad (4)$$

gdzie:  $m_i$  – wskazanie wagi w momencie zniszczenia makaronu,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ .

8. Podaj dokładność wagi  $\Delta m$  i oblicz jej niepewność  $u_b(m)$  – analogicznie jak w punkcie 2

9. Oblicz niepewność  $u_b(F_{kryti})$  na podstawie niepewności wagi, korzystając ze wzoru na niepewność względną:

$$\frac{u_b(F_{kryti})}{F_{kryti}} = \frac{u_b(m)}{m_i} \quad (5)$$

10. Z pomiarów dla sześciu nitek makaronu wyznacz średnią wartość siły krytycznej  $\overline{F_{kryt}}$  i jej niepewność  $u_a(\overline{F_{kryt}})$  – patrz **Wzory**.
11. Oblicz niepewność całkowitą  $u_c(\overline{F_{kryt}})$  jako pierwiastek z sumy kwadratów niepewności  $u_b(F_{kryti})$  oraz  $u_a(\overline{F_{kryt}})$ .
12. Na podstawie wzoru Eulera (1) wyznacz moduł Younga  $E$  oraz jego niepewność  $u(E)$ . Niepewność  $u(E)$  zależy od niepewności  $u_c(\overline{F_{kryt}})$ ,  $u_b(L)$  i  $u_b(J_m)$ . Można ją wyznaczyć posługując się wzorem na niepewność względną:

$$\frac{u(E)}{E} = \sqrt{\left[\frac{u_c(\overline{F_{kryt}})}{\overline{F_{kryt}}}\right]^2 + \left[\frac{2u_b(L)}{L}\right]^2 + \left[\frac{u_b(J_m)}{J_m}\right]^2} \quad (6)$$

13. Zapisz poprawnie wynik wraz z niepewnością.
14. Sformułuj wnioski z przeprowadzonego eksperymentu.

### Przygotowanie sprawozdania

Sprawozdanie z realizacji zadania eksperymentalnego będzie oceniane w zakresie następujących, obowiązkowych elementów:

1. Wstęp teoretyczny z podaniem literatury źródłowej.
2. Opis stanowiska pomiarowego **wraz z jego dokumentacją fotograficzną**.
3. Szczegółowy opis przeprowadzonych pomiarów.
4. Karta pomiarowa.
5. Opis i przykłady obliczeń. Ich wyniki należy wpisać w zaciemnione pola Karty pomiarowej.
6. Sprawdzenie jednostek.
7. Rachunek niepewności pomiarowych.
8. Poprawny zapis wyników cząstkowych i końcowych.
9. Wnioski.

### Wzory

Średnia dla serii k-pomiarów wielkości  $x$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i$$

Odchylenie standardowe średniej:

$$u_a(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{k(k-1)}}$$

Link: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Wyobczenie-schemat.svg>

## Karta pomiarowa

Temat doświadczenia	
Data wykonania pomiarów	
Nr IKU osoby wykonującej doświadczenie	

	Numer nitki makaronu						Urządzenie pomiarowe	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.		
$L$ [ ... .. ] <i>podaj jednostkę</i>								$\bar{L} = \dots\dots\dots$
								$\Delta L = \dots\dots\dots$
								$u_b(L) = \dots\dots\dots$
$D$ [ ... .. ] <i>podaj jednostkę</i>								$\bar{D} = \dots\dots\dots$
								$\Delta D = \dots\dots\dots$
								$u_b(D) = \dots\dots\dots$

	Numer nitki makaronu							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.		
$\mu$								
$m_i$ [.....]							$\Delta m = \dots\dots\dots$	$u_a(m) = \dots\dots\dots$
$J_m$ [.....]							$\bar{J}_m = \dots\dots\dots$	$u_a(J_m) = \dots\dots\dots$
$F_{kryti}$ [.....]							$\bar{F}_{kryt} = \dots\dots\dots$	$u_a(\bar{F}_{kryt}) = \dots\dots\dots$
$u_b(F_{kryti}) = \dots\dots\dots$							$u_c(\bar{F}_{kryt}) = \dots\dots\dots$	

$E$ [ ] = .....	$u(E)$ [ ] = .....
-----------------	--------------------

Pola cieniowane - wielkości obliczane.

## Wymogi dotyczące przesyłania rozwiązań zadań konkursowych w dziedzinie fizyki

1. Rozwiązania każdego z zadań należy przygotować w oddzielnym pliku. W obecnej edycji jedyny dopuszczalny format plików to pdf. Rozmiar pojedynczego pliku nie może przekraczać 2 MB, przy czym rozwiązanie jednego zadania może być przesłane w formie co najwyżej 10 plików
2. Rozwiązania zadań (każdego oddzielnie) należy przesłać za pomocą Platformy Zdalnej Edukacji (PZE)
3. Każde zadanie powinno zawierać na górze pierwszej strony tabelkę:

Konkurs „O złoty Indeks Politechniki Śląskiej” w dziedzinie fizyki		Indywidualny Kod Uczestnika				Sprawdził:	
						Data:	
Edycja 2023/2024		Data		Nr Zadania		Ocena:	
Dane/Szukane	Komentarze	Rysunek	Przekształcenia na symbolach	Sprawdzenie jednostek	Obliczenia liczbowe	Zapis wyniku	Estetyka

pola cieniowane wypełnia oceniający

4. Jeśli rozwiązanie zadania nie mieści się na jednej stronie, należy każdą kolejną stronę opisać w prawym górnym rogu numerem IKU, numerem zadania oraz kolejnym numerem strony np. IKU: FIZ1234, zad. 2, str. 4
5. W rozwiązaniach nie wolno podawać danych osobowych uczestnika. Ponadto, aby zachować anonimowość uczestnika na poziomie sprawdzania prac, należy również usunąć dane osobowe uczestnika z właściwości pliku. Można tam podać IKU.
6. Elementy wiersza tabeli wskazują jakie elementy pracy będą brane pod uwagę przy ocenie, przy czym nie dla każdego zadania będą oceniane Rysunek i Wynik w jednostce układu SI
7. Dane i Szukane:
  - Rozwiązanie każdego z zadań powinno zaczynać się od wypisania danych i szukanych,
  - Część zadań jest tak sformułowana, że uczeń musi samodzielnie odszukać niektóre dane. Należy wtedy podać źródło, z którego zaczerpnięto dane,
  - Wypisanie szukanych jest również elementem oceny umiejętności ucznia, szczególnie istotnym przy zadaniu sformułowanym problemowo.
8. Komentarze
  - Rozwiązanie powinno być opatrzone komentarzami słownymi.
  - Przykłady komentarzy:
    - „Wykonuję rysunek, na którym zaznaczam siły działające na ciało”;
    - „Ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, zatem zgodnie z pierwszą zasadą dynamiki Newtona wypadkowa sił działających na to ciało jest równa zero”;
    - „Zadanie dotyczy zasady zachowania pędu. Zasadę tą można zapisać wzorem: ...”
    - Należy skomentować również wynik końcowy rozwiązania.
9. Rysunek
  - W przypadku większości zadań, rozwiązanie dobrze jest zilustrować rysunkiem
  - Rysunki powinny być czytelne

- Niektóre zadania mogą wymagać wykonania wykresu. Należy wtedy pamiętać o opisaniu osi (wielkość i jednostka fizyczna). Nie należy podawać współrzędnych poszczególnych punktów, tylko na osiach zaznaczyć odpowiednio dobrane skale.
10. Przekształcenia na symbolach ogólnych
    - Wymagane jest rozwiązywanie zadań na symbolach ogólnych, chyba, że w treści zadania zaznaczono inaczej.
  11. Sprawdzenie jednostek
    - Wynik końcowy, zapisany jako wyrażenie algebraiczne, w którym lewa strona równania stanowi symbol szukanej, a prawa zawiera wyłącznie symbole literowe danych oraz stałe, powinien być uzupełniony sprawdzeniem jednostki. Należy w tym celu wykonać odpowiednie przekształcenia, a nie tylko podać w jakiej jednostce jest wyrażony wynik.
  12. Wynik liczbowy
    - Elementem oceny rozwiązania jest poprawność wyniku liczbowego i jego odpowiednie zaokrąglenie. Np. dokładność wyniku końcowego nie może przewyższać dokładności wynikającej z danych zadania.
  13. Wynik w SI
    - Wynik końcowy należy podać w jednostce SI, chyba, że w treści zadania zaznaczono inaczej.
  14. Estetyka
    - W ocenie uwzględniana jest staranność i estetyka pracy.

**Uwaga:** W przypadku zadania doświadczalnego oceniane są elementy wskazane w treści zadania.

15. Formularz rozwiązania zadania wraz z tabelą jest udostępniony na PZE w dziedzinie fizyki. Można tam też znaleźć zadanie przykładowe i jego rozwiązanie wg sformułowanych wymogów.
16. Maksymalna punktacja możliwa do uzyskania za rozwiązania poszczególnych zadań jest podawana łącznie z treścią zadań.
17. Nie jest konieczne rozwiązywanie wszystkich zadań. Uczeń, który rozwiąże tylko niektóre z zadań, ale uzyska 50% wszystkich możliwych punktów może być dopuszczony do II etapu. Przy czym do II etapu przechodzi maksymalnie 200 uczestników z najlepszymi wynikami (patrz § 5 punkt 5 Regulaminu Konkursu, dostępny na stronie: <https://www.polsl.pl/rd1-cos/zloty-indeks/>).