

## Zadanie 1 (20 pkt.)

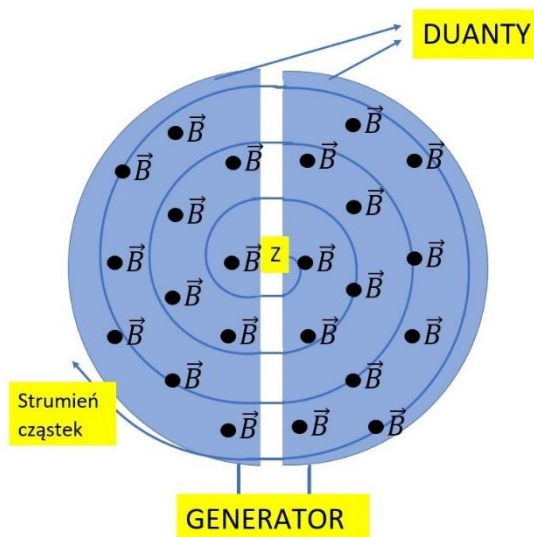
W dobie współczesnych przemian energetycznych warto zastanowić się nad porównaniem ilości energii uwalnianej podczas reakcji jądrowych w odniesieniu do energii powstającej podczas spalania paliw kopalnych. Budując system chłodzenia modułu elektroniki swojego nowego satelity członkowie SATu (studentkiego koła naukowego Silesian Aerospace Technologies) dyskutowali nad powyższym problemem. Wyznaczyli oni, ile czajników bezprzewodowych wody można doprowadzić do wrzenia od temperatury pokojowej dzięki rozszczepieniu  $^{235}\text{U}$  zajmującego objętość jednego cukierka typu „tic-tac”.

Spróbuj powtórzyć ich obliczenia. Określ następnie, ile ton węgla trzeba spalić, aby uzyskać taką samą ilość energii.

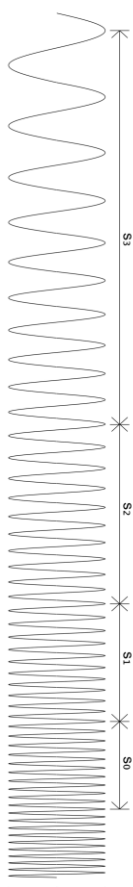
Wszystkie potrzebne dane znajdź samodzielnie i podaj źródła, z których skorzystałeś.

## Zadanie 2 (20 pkt.)

Cyklotron jest przykładem akceleratora, który służy do przyspieszania cząstek naładowanych. Składa się z dwóch cylindrycznych elektrod, tak zwanych duantów (patrz rys. 1), umieszczonych w jednorodnym polu magnetycznym  $\vec{B}$  prostopadłym do płaszczyzny duantów (płaszczyzny rysunku). Do duantów doprowadzone jest z generatora zmienne napięcie, które cyklicznie zmienia kierunek pola elektrycznego w szczeliny pomiędzy duantami. Jeżeli ze źródła Z (w środku cyklotronu) zostanie wyemitowana naładowana cząstka to porusza się ona pod wpływem pola elektrycznego w stronę jednego z duantów. Gdy cząstka wejdzie do duantów wówczas przestaje na nią działać pole elektryczne, natomiast zaczyna działać pole magnetyczne. Pod jego wpływem cząstka porusza się po torze kołowym. W wyniku tego cząstka ponownie wchodzi w obszar pomiędzy duantami. Jeżeli równocześnie zostanie zmieniony kierunek pola elektrycznego pomiędzy nimi, to cząstka ponownie doznaje przyspieszenia w szczeliny. Ten proces jest powtarzany cyklicznie, pod warunkiem, że częstotliwość z jaką krąży cząstka jest zsynchronizowana z częstotliwością zmian pola elektrycznego pomiędzy duantami. Jaka musi być częstotliwość generatora zasilającego duanty znajdujące się w polu magnetycznym o indukcji 2 T, jeżeli przyspieszaną cząstką jest deuteron? Jaka będzie końcowa prędkość i energia kinetyczna, jeżeli cyklotron ma promień 5 m? Czy można używać cyklotronów do rozpędzania cząstek do energii 1 TeV?



Rys. 1. Schemat cyklotronu



### Zadanie 3 (20 pkt.)

Studenci Fizyki Technicznej wykonywali doświadczenia dotyczące ruchu drgającego i falowego. Chcieli wyznaczyć częstotliwość drgań kamertonu. W tym celu do drgających widełek kamertonu przymocowali małe marker, który dotykał pionowo ustawionej płytki, zamocowanej na statywie. W pewnym momencie uchwyt płytki został zwolniony i płytka zaczęła opadać swobodnie, a marker zostawił na niej ślad w postaci fali o zmieniającej się odległości między kolejnymi wierzchołkami (patrz rysunek poglądowy – rys. 2). Studenci uznali, że na podstawie pomiaru odległości pomiędzy wierzchołkami fali można wyznaczyć jaka jest liczba drgań na sekundę (częstotliwość) widełek stroikowych. Pomiary rozpoczęli od miejsca, któremu odpowiadał nieznaną czas od początku ruchu płytki. Z uwagi na duże zagęszczenie wierzchołków fali, pomiary wykonali co 10 wierzchołków.

Studenci odczytali następujące wyniki (co 10 wierzchołków):

$$s_0 = 1,22 \text{ cm}, s_1 = 1,72 \text{ cm}, s_2 = 2,23 \text{ cm}, s_3 = 2,74 \text{ cm}.$$

Jaką wartość częstotliwości wyznaczyli studenci? Czy to może być poprawny wynik?

Rys. 2. Poglądowy rysunek śladu zostawionego przez marker na opadającej płytce.

## Zadanie 4 - doświadczalne (40 pkt.)

### Wyznaczanie współczynnika załamania światła w oleju spożywczym

#### Wstęp

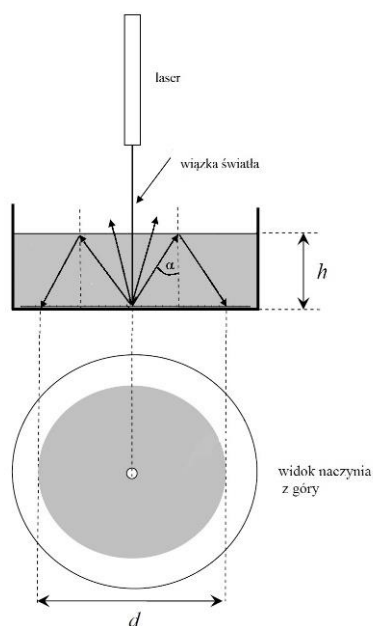
Zagadnienia: *zjawisko załamania światła na granicy dwóch ośrodków, całkowite wewnętrzne odbicie*

Celem zadania jest doświadczalne wyznaczenie współczynnika załamania światła oleju spożywczego. Eksperyment będzie polegał na zmontowaniu odpowiedniego stanowiska, wykonaniu pomiarów i wyznaczeniu współczynnika załamania.

**UWAGA:** W trakcie całego doświadczenia zachowaj odpowiednią ostrożność i chroń oczy. **Nigdy nie kieruj światła laserowego na oczy oraz uważaj, aby odbita wiązka światła laserowego nie trafiła w oczy.** Zamiast bezpośredniego odczytu średnicy zacienionego obszaru skorzystaj z aparatu fotograficznego.

#### Idea eksperymentu

Naczynie o matowym płaskim dnie wypełnione do poziomu  $h$  olejem spożywczym oświetlamy prostopadle do powierzchni dna promieniem laserowym (np. laser czerwony). Obserwujemy, że wokół jasnego punktu na dnie, na który pada promień światła laserowego, tworzy się mniej oświetlony obszar w kształcie koła. Na matowym dnie naczynia światło się rozprasza. Rozproszone promienie padają na powierzchnię oleju pod kątem większym niż kąt graniczny. Ulegają całkowitemu wewnętrznemu odbiciu, po czym padają ponownie na dno naczynia. Na dnie naczynia obserwujemy jasną plamkę powstającą z bezpośredniego padania światła laserowego oraz ciemniejszy obszar o średnicy  $d$  – patrz rys. 3. Średnica ciemniejszego obszaru zależy od grubości  $h$  warstwy oleju oraz od jego współczynnika załamania światła  $n$ .



Rys. 3. Schemat eksperymentu

Prawo Snella całkowitego wewnętrznego odbicia światła na granicy olej-powietrze dla sytuacji jak na rys. 3 można zapisać w postaci:

$$n = \frac{1}{\sin \alpha_g} = \frac{\sqrt{h^2 + \left(\frac{d}{4}\right)^2}}{\frac{1}{4}d} = \sqrt{1 + \left(\frac{4h}{d}\right)^2} \quad (1)$$

Na podstawie równania (1) uzyskujemy związek między średnicą ciemniejszego obszaru a grubością warstwy oleju:

$$d = \frac{4}{\sqrt{n^2 - 1}} h \quad (2)$$

Widać, że zależność między średnicą ciemniejszego obszaru a grubością warstwy oleju jest zależnością wprost proporcjonalną, przy czym współczynnik proporcjonalności  $a$  wynosi:

$$a = \frac{4}{\sqrt{n^2 - 1}} \quad (3)$$

### Przebieg doświadczenia

1. Zapoznaj się ze zjawiskiem załamania światła oraz całkowitego wewnętrznego odbicia.
2. Zbuduj stanowisko pomiarowe zgodnie ze schematem zamieszczonym na rys. 3. W tym celu:
  - 2.1. przygotuj naczynie z matowym płaskim dnem np. emaliowany garnek o małej średnicy (10 - 15 cm),
  - 2.2. przyklej do dna papier milimetrowy,
  - 2.3. przygotuj wskaźnik laserowy czerwony lub zielony i zamontuj go na statywie,
  - 2.4. opracuj sposób pomiaru wysokości  $h$  słupa oleju,
  - 2.5. przygotuj zaciemnione pomieszczenie,
  - 2.6. zmontuj stanowisko i wykonaj jego dokumentację fotograficzną oraz opisz je szczegółowo, nie zapominając o żadnym z użytych elementów konstrukcyjnych czy przyrządów pomiarowych. Nie zapomnij o stabilnym zamocowaniu wskaźnika laserowego.
3. Nalej olej do naczynia i zmierz  $k$ -krotnie grubość warstwy cieczy.
4. Zmierz  $k$ -krotnie średnicę zacienionego obszaru.
5. Pomiary powtórz dla co najmniej pięciu różnych grubości warstwy oleju.
6. Wyniki pomiarów wpisz do karty pomiarowej. Na karcie odnotuj również jednostki i dokładności użytych przyrządów pomiarowych.

### Opracowanie wyników pomiarów

1. Dane pomiarowe możesz opracowywać z użyciem arkusza kalkulacyjnego.
2. Oblicz średnią wartość  $\bar{d}$  oraz  $\bar{h}$ .
3. Oblicz niepewności średnich jako odchylenie standardowe wartości średniej – patrz [Wzory](#).
4. Porównaj odchylenie standardowe średniej (niepewność związaną z rozrzutem wyników pomiarów) z niepewnością użytego przyrządu. Czy któraś z nich przeważa?
5. Wykonaj wykres  $d(h)$ . Pamiętaj o opisaniu osi i zaznaczeniu niepewności. Dopasuj prostą do zaznaczonych punktów pomiarowych. Można to zrobić ręcznie przy pomocy linijki lub przy pomocy funkcji REGLINP arkusza kalkulacyjnego.
6. Wyznacz współczynnik kierunkowy dopasowanej prostej (jako tangens nachylenia prostej względem osi OX lub bezpośrednio z wartości uzyskanych z funkcji REGLINP).
7. Wyznacz niepewność współczynnika kierunkowego dopasowanej prostej (metodą graficzną, bądź korzystając z funkcji REGLINP).

8. Korzystając z wyznaczonej wartości współczynnika kierunkowego prostej  $a$  oraz wzoru (3) wyznacz współczynnik załamania światła  $n$  dla oleju.
9. Oszacuj niepewność  $u(n)$  tego współczynnika.
10. Zapisz poprawnie wynik wraz z niepewnością.
11. Odszukaj wartość tablicową współczynnika załamania światła dla oleju spożywczego i porównaj go z wielkością wyznaczoną eksperymentalnie. Czy wyniki są zgodne ze sobą?
12. Sformułuj wnioski z przeprowadzonego eksperymentu.

### Przygotowanie sprawozdania

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

1. Strona tytułowa
2. Wstęp teoretyczny opisujący zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia z podaniem literatury źródłowej.
3. Opis stanowiska pomiarowego, wraz z jego dokumentacją fotograficzną oraz zdjęciem zaobserwowanych zacienionych obszarów.
4. Szczegółowy opis procedury pomiarowej, w tym jak mierzono grubość warstwy oleju.
5. Karta pomiarowa.
6. Opracowanie wyników pomiarów wraz z szacowaniem niepewności pomiarowych, poprawnym zapisem wyników końcowych.
7. Wykres.
8. Wnioski.

### Wzory:

Średnia dla  $k$ -pomiarów wielkości  $x$ :

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

Odchylenie standardowe średniej:

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

## Karta pomiarowa

Temat doświadczenia												
Data wykonania pomiarów												
Nr IKU osoby wykonującej doświadczenie												
Rodzaj użytego wskaźnika laserowego i długość jego fali												
Grubość warstwy oleju $h$ [ ..... ] Dokładność przyrządu pomiarowego $\Delta h = \dots\dots$ [ ..... ]	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	...	...	...	...	...	$\bar{h}$	$u(\bar{h})$
Średnica ciemnego obszaru $d$ [ ..... ] Dokładność przyrządu pomiarowego $\Delta d = \dots\dots$ [ ..... ]	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	...	...	...	...	...	$\bar{d}$	$u(\bar{d})$

## 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:	
Edycja 2022/2023		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
  - 6.a 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.
  - 6.b 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.
  - 6.c 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.

#### 6.d Przekształcenia na symbolach ogólnych

- Wymagane jest rozwiązywanie zadań na symbolach ogólnych, chyba, że w treści zadania zaznaczono inaczej.

#### 6.e 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.

#### 6.f 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.

#### 6.g Wynik w SI

- Wynik końcowy należy podać w jednostce SI, chyba, że w treści zadania zaznaczono inaczej.

#### 6.h Estetyka

- W ocenie uwzględniana jest staranność i estetyka pracy.

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

- 7 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.
- 8 Maksymalna punktacja możliwa do uzyskania za rozwiązanie poszczególnych zadań jest podawana łącznie z treścią zadań.
- 9 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/>).