

# ZAGADNIENIA DO EGZAMINU Z FIZYKI

## W SEMESTRZE LETNIM 2010/11

### 1. Rachunek niepewności pomiaru

- 1.1. W jaki sposób podajemy wynik pomiaru? Co jest źródłem rozbieżności pomiędzy wartością uzyskiwaną w eksperymencie a wartością rzeczywistą?
- 1.2. Niepewność a błąd pomiaru
- 1.3. Niepewność względna i bezwzględna
- 1.4. Niepewność standardowa i maksymalna
- 1.5. Rozkład błędów i podział błędów według ich rozkładu
- 1.6. Charakterystyka błędów grubych, systematycznych i przypadkowych (w tym źródła błędów i sposób postępowania)
- 1.7. Typy oceny niepewności według Międzynarodowej Normy Oceny Niepewności Pomiaru
- 1.8. Opracowanie serii pomiarów bezpośrednich dużej próby (wartość średnia, wariancja rozkładu, odchylenie standardowe, histogram, praktyczna umiejętność opracowania zadanej serii pomiarów)
- 1.9. Rozkład normalny Gaussa (wzór matematyczny, wykres, interpretacja)
- 1.10. Metody określania niepewności wielkości złożonej – prawo przenoszenia błędów (przykłady). Praktyczna umiejętność korzystania z metody różniczki zupełnej i prawa przenoszenia niepewności. Kiedy stosuje się te metody?
- 1.11. Niepewność wynikająca z klasy przyrządu – przykład obliczania
- 1.12. Metoda najmniejszych kwadratów- regresja liniowa (postulat metody, wyprowadzenie wzorów na parametry prostej i praktyczna umiejętność korzystania z nich)
- 1.13. Linearyzacja (przykład i praktyczna umiejętność)

### 2. Elektrostatyka

- 2.1. Miejsce elektrostatyki w schemacie fundamentalnych oddziaływań w przyrodzie
- 2.2. Kwantowa natura ładunku elektrycznego
- 2.3. Zasada zachowania ładunku elektrycznego– przykłady
- 2.4. Charakterystyka przewodników, półprzewodników i izolatorów
- 2.5. Prawo Coulomba
- 2.6. Definicja wektora natężenia pola elektrycznego
- 2.7. Zasada superpozycji. Praktyczna umiejętność wyznaczania:
  - (a) siły wypadkowej działającej na ładunek w obecności innych ładunków punktowych
  - (b) wektora natężenia pola elektrycznego pochodzącego od rozkładu dyskretnego ładunku ( w tym dipol elektryczny)
- 2.8. Ciągły rozkład ładunku (definicje gęstości liniowej, powierzchniowej i objętościowej, praktyczna umiejętność znajdowanie wektora natężenia pola elektrycznego od danego, ciągłego rozkładu ładunku, zwłaszcza liniowego, w oparciu o prawo Coulomba i zasadę superpozycji)
- 2.9. Strumień wielkości wektorowej (definicja i interpretacja, strumień pola elektrycznego i magnetycznego; Wskazać, które z równań Maxwella są związane ze strumieniami pól, jakich?)
- 2.10. Praktyczna umiejętność obliczania strumienia pola elektrycznego.
- 2.11. Definicja operatora dywergencji - związek dywergencji ze strumieniem. Praktyczna umiejętność znajdowania dywergencji w układzie kartezjańskim. Twierdzenia matematyczne

dotyczące dywergencji i ich zastosowanie w fizyce (twierdzenie Gaussa-Ostrogradskiego, obliczanie:  $\text{div}(\text{grad } V)=?$ ,

$\text{div}(\text{rot } \mathbf{w})=?$  )

2.12. Prawo Gaussa w postaci całkowitej. Prawo Gaussa a prawo Coulomba. Praktyczna umiejętność korzystania z tego prawa dla rozkładów ładunku o symetrii cylindrycznej i sferycznej

2.13. Zachowanie się przewodników i izolatorów w zewnętrznym polu elektrycznym. Pole elektryczne wytworzone przez naładowany przewodnik lub izolator.

2.14. Potencjał pola (definicja i dla jakich pól istnieje). Jakie korzyści wnosi wprowadzenie pojęcia potencjału?

2.15. Związek energii potencjalnej z siłą (przypomnienie). Związek potencjału z wektorem natężenia pola elektrycznego. Różnica potencjałów (napięcie) jako całka krzywoliniowa z pola elektrycznego. Związek z pracą.

2.16. Co to jest elektronowolt?

2.17. Powierzchnie ekwipotencjalne

2.18. Potencjał jednorodnego pola elektrycznego

2.19. Wyprowadzenie wzoru na potencjał pola wytworzonego przez ładunek punktowy.

2.20. Praktyczna umiejętność obliczania potencjału pola wytworzonego przez układ ładunków punktowych ( w tym dipol).

2.21. Dielektryki a moment dipolowy (moment dipolowy indukowany polem, trwałe moment dipolowy). Zachowanie dipoli w polu elektrycznym: moment siły działającej na dipol, energia potencjalna dipola w polu

2.22. Praktyczna umiejętność znajdowanie potencjału pola elektrycznego od danego, ciągłego rozkładu ładunku (symetria cylindryczna, sferyczna) na podstawie znajomości natężenia pola elektrycznego.

2.23. Pojemność (definicja, jednostki, analogia do objętości zbiornika)

2.24. Kondensator i jego znaczenie w obwodzie elektrycznym. Połączenia równoległe i szeregowo kondensatorów. Praktyczna umiejętność rozwiązywania zadań z obwodów elektrycznych zawierających kondensator.

2.25. Od czego zależy pojemność kondensatora? Od jakich wielkości fizycznych nie zależy (czy na pojemność ma wpływ zwiększanie napięcia lub ładunku na kondensatorze?) Wyprowadzenie wzoru na pojemność kondensatora dla kondensatora płaskiego (kondensatora cylindrycznego, sferycznego – zadania).

2.26. Energia zmagazynowana w polu elektrycznym i gęstość energii (wyprowadzenie wzorów)

2.27. Podobieństwa i różnice pomiędzy polem elektrostatycznym i polem grawitacyjnym stałym w czasie (np. polem wytworzonym przez Ziemię)

### **3. Prąd elektryczny**

3.1. Kiedy pole elektryczne wywołuje przepływ ładunku? Jakie warunki muszą być spełnione aby wystąpił prąd elektryczny?

3.2. Natężenie prądu (jednostka, definicja, czy amper jest jednostką podstawową układu SI, jaka jest definicja ampera?)

3.3. Gęstość prądu (definicja, czy jest wektorem czy skalarem, związek z natężeniem prądu, prawo ciągłości przepływu i jego konsekwencje)

3.4. Praktyczna umiejętność obliczania natężenia prądu w przypadku gdy gęstość prądu nie jest stała w przestrzeni.

### **4. Pole magnetyczne**

- 4.1. Definicja wektora indukcji pola magnetycznego (przypomnienie) i interpretacja wzoru. Dlaczego definicja ta nie jest podobna do definicji wektora natężenia pola elektrycznego?
- 4.2. Ruch ładunku w polu magnetycznym. Czy pole magnetyczne może zmienić energię kinetyczną cząstki naładowanej? Dowód. Podać przykłady torów cząstki naładowanej w polu magnetycznym.
- 4.3. Ruch ładunku w obszarze, w którym współistnieją pola: elektryczne i magnetyczne. Wzór na siłę Lorentza. Szczególny przypadek skrzyżowanych pól  $\mathbf{E}$  i  $\mathbf{B}$ .
- 4.4. Gdzie i po co stosuje się skrzyżowane pola  $\mathbf{E}$  i  $\mathbf{B}$  (doświadczenie Thomsona, zjawisko Halla, cyklotron, synchrotron)
- 4.5. Siła elektrodynamiczna i jej zastosowania (wyjaśnić jak działa silnik i czym różni się od prądnicy)
- 4.6. Moment magnetyczny obwodu z prądem (definicja, pojęcie dipola magnetycznego, moment siły działającej na dipol magnetyczny w zewnętrznym polu, energia potencjalna dipola magnetycznego w zewnętrznym polu, analogia do dipola elektrycznego)
- 4.7. Prąd elektryczny jako źródło pola magnetycznego – omówić dowody doświadczalne.
- 4.8. Prąd elektryczny jako źródło pola magnetycznego – opis teoretyczny (prawo Biota-Savarta, prawo Ampere'a)
- 4.9. W jakich sytuacjach stosujemy prawo Biota-Savarta a w jakich prawo Ampere'a. Do jakich praw w elektrostatyce te prawa można porównać pod względem sposobu stosowania?
- 4.10. Praktyczna umiejętność obliczania wartości indukcji pola magnetycznego dla danego przewodnika z prądem (przewodnik kołowy, nieskończenie długi przewodnik prostoliniowy) korzystając z prawa Biota-Savarta.
- 4.11. Praktyczna umiejętność obliczania wartości indukcji pola magnetycznego dla danego przewodnika z prądem (nieskończenie długi przewodnik prostoliniowy wewnątrz i na zewnątrz przewodnika, wewnątrz idealnego solenoidu, wewnątrz toroidu) korzystając z prawa Ampere'a.
- 4.12. Pojęcie krążenie dla pola wektorowego a rotacja pola. Definicja rotacji. Twierdzenie Stokes'a. Postać różniczkowa prawa Ampere'a
- 4.13. Operator rotacji w układzie kartezjańskim. Praktyczna umiejętność obliczania rotacji. Twierdzenia matematyczne dotyczące rotacji np. rot (grad  $V$ ). Pole zachowawcze a rotacja.
- 4.14. Porównanie własności pól elektrostatycznego i magnetycznego (wskazać podobieństwa i różnice, wyjaśnić ich przyczyny) Prawo Gaussa dla magnetyzmu. Co to jest monopol magnetyczny i czy istnieje?

## 5. Równania Maxwella

- 5.1. Czy pole magnetyczne może stać się źródłem pola elektrycznego? Jaki to efekt? Czy pole elektryczne może stać się źródłem pola magnetycznego? Jaki to efekt?
- 5.2. Doświadczenia, w których ujawnia się zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Co jest cechą wspólną wszystkich tych zjawisk. Jaka wielkość fizyczna zmienia się we wszystkich tych doświadczeniach.
- 5.3. Prawo Faraday'a. Zapis i interpretacja.
- 5.4. Reguła Lenza. Praktyczna umiejętność posługiwania się regułą Lenza.
- 5.5. Trzy zasadnicze sposoby uzyskania indukowanej siły elektromotorycznej. Który z tych sposobów znalazł najpowszechniejsze zastosowanie. Gdzie? Szczegółowy opis zjawiska.
- 5.6. Indukowane pole elektryczne a indukowana siła elektromotoryczna. Kiedy wystąpi prąd indukowany? Jaki jest charakter indukowanego pola elektrycznego? Czy pole to jest zachowawcze? Uzasadnij.

- 5.7. Własności indukowanej siły elektromotorycznej
- 5.8. Postać różniczkowa prawa Faraday'a. Interpretacja.
- 5.9. Obliczanie wartości indukowanego pola elektrycznego w przypadku gdy jednorodne pole magnetyczne, ograniczone do obszaru kołowego o promieniu  $R$ , zmienia się w czasie z szybkością  $dB/dt$ . Rozważyć również całkowicie symetryczną sytuację, w której należy obliczyć wartość indukowanego pola magnetycznego w wyniku zmian w czasie pola elektrycznego z szybkością  $dE/dt$  (jaki to jest efekt?)
- 5.10. Samoindukcja jako szczególny przykład zjawiska Faraday'a. Wyprowadzenie liniowej zależności strumienia pola magnetycznego od natężenia prądu płynącego przez cewkę indukcyjną. Wyprowadzenie wzoru na siłę elektromotoryczną samoindukcji
- 5.11. Różne sposoby definiowania indukcyjności (jednostki, analogia do pojemności elektrycznej)
- 5.12. Od czego zależy indukcyjność a od czego nie zależy (zastosować ten sam schemat myślowy co w przypadku pojemności)
- 5.13. Znaczenie indukcyjności w obwodzie LC. Wyprowadzenie równania obwodu LC z prawa Kirchhoffa (obecnie z pełnym zrozumieniem, a nie jak w semestrze zimowym, przez analogię do oscylatora mechanicznego)
- 5.14. Energia zmagazynowana w polu magnetycznym i gęstość energii pola magnetycznego (analogia do energii pola elektrycznego, wykorzystanie wzorów na energię do wyprowadzenia równania obwodu LC – oscylator harmoniczny)
- 5.15. Argumentacja za wprowadzeniem poprawki Maxwella do prawa Ampere'a. Prawo Ampere'a – Maxwella (postać całkowa i różniczkowa). Sens fizyczny poprawki Maxwella – prąd przesunięcia (dlaczego prąd?) i jego definicja.
- 5.16. Prąd rzeczywisty a prąd przesunięcia. Ciągłość prądu w obwodzie zawierającym kondensator.
- 5.17. Znajomość równań Maxwella w postaci całkowej i różniczkowej (**obowiązkowa i będzie sprawdzana w pierwszej kolejności**) Zapis matematyczny ale też (a raczej przede wszystkim) interpretacja (czytamy prawa Maxwella „od prawej do lewej”, przyczyny i skutki). W każdym przypadku przejście matematyczne od postaci całkowej do różniczkowej (odpowiedź na pytanie: co wnosi postać różniczkowa, czy te postaci niosą tę samą informację?)
- 5.18. W jaki sposób z równań Maxwella wynika istnienie fali elektromagnetycznej? Wyprowadzenie równania fali elektromagnetycznej w próżni. Jak należy rozumieć pojęcie próżni?
- 5.19. Propagacja fali elektromagnetycznej.
- 5.20. Metody eksperymentalne wyznaczania prędkości światła.

## 6. Fale

- 6.1. Fala a zaburzenie, rodzaje fal
- 6.2. Jak powstają fale mechaniczne, elektromagnetyczne? W jakich ośrodkach się rozchodzą?
- 6.3. Co rozumiemy pod pojęciem fali podłużnej, fali poprzecznej?
- 6.4. Matematyczny opis zaburzenia w jednym i trzech wymiarach. Definicje: amplitudy, fazy, częstości, liczby falowej, długości fali. Praktyczna umiejętność posługiwania się tym opisem
- 6.5. Związek pomiędzy liczbą falową a długością fali
- 6.6. Czoło fali i promień fali. Podział fal ze względu na kształt czoła fali
- 6.7. Prędkość fazowa, jej związek z częstością lub długość fali (wyprowadzenie)
- 6.8. Od czego zależy prędkość fazowa:
  - a) fali mechanicznej w strunie

- b) fali mechanicznej w pręcie metalowym
  - c) fali akustycznej w kolumnie gazu
  - d) fali elektromagnetycznej w próżni i w ośrodku materialnym np. szkło
- 6.9. Ogólne różniczkowe równanie fali w jednym i trzech wymiarach. Operator Laplace'a we współrzędnych kartezjańskich
- 6.10. Jaka jest ogólna postać rozwiązania równania falowego? Praktyczna umiejętność sprawdzania czy dana funkcja jest rozwiązaniem równania falowego
- 6.11. Gęstość energii i natężenie fali
- (a) natężenie dźwięku, krzywa czułości ucha, skala subiektywnego natężenia dźwięku, prawo Webera-Fechnera, głośność
  - (b) wektor Poyntinga, natężenie fali elektromagnetycznej
- 6.12. Charakterystyka fal elektromagnetycznych (widmo częstości, zakres widzialny - światło, sposób wytwarzania fal radiowych)
- 6.13. Superpozycja fal (w tym metoda wektora wirującego - metoda wskazów)
- (a) interferencja (konstruktywna i destruktywna na przykładzie fal w strunie)
  - (b) dudnienia
  - (c) fala stojąca i rezonans
  - (d) interferencja na przykładzie światła (doświadczenie Younga, obraz interferencyjny, zależność opisująca rozkład natężenia światła na ekranie i jej interpretacja, warunki powstawania maksimum i minimum w obrazie interferencyjnym)
  - (e) znaczenie różnicy faz dla interferencji, przyczyny powstawania różnicy faz
- 6.14. Dyfrakcja na przykładzie fal elektromagnetycznych (obraz dyfrakcyjny pojedynczej szczeliny, siatka dyfrakcyjna, analiza warunków powstawania maksimum i minimum w obrazie dyfrakcyjnym)
- 6.15. Polaryzacja na przykładzie fal elektromagnetycznych (metody wytwarzania światła spolaryzowanego, kąt Brewstera, podwójne załamanie, prawo Malusa, rodzaje polaryzacji)
- 6.16. Odbicie i załamanie światła – zasada Fermata. Definicja współczynnika załamania, prawo Snella, całkowite wewnętrzne odbicie, światłowód
- 6.17. Dyspersja i rozszczepienie światła białego
- 6.18. Optyka geometryczna i powstawanie obrazów (zwierciadła, soczewki, proste przyrządy optyczne: lupa, luneta, mikroskop)
- 6.19. Źródła światła (spójność, emisja spontaniczna i wymuszona, widmo emisyjne na przykładzie atom wodoru, laser)