

Lista tematów na kolokwium wykładowe z Fizyki ciała stałego, rok ak. 2025/2026,

Podczas kolokwium należy opracować trzy zagadnienia wybrane z czterech podanych w otrzymanym zestawie. Każde zagadnienie będzie pochodziło z innej grupy tematów.

GRUPA 1 (sieć krystaliczna i wiązania)

1. (T1.1) Ciała stałe, sieć Bravais'go (bez układów krystalograficznych), opis struktury krystalicznej.
2. (T1.3) Opis orientacji płaszczyzn sieciowych, szkic płaszczyzny (123), rodzina płaszczyzn sieciowych.
3. (T1.4) Kwazikryształy i zmiana definicji „kryształu” przez Międzynarodową Unię Krystalograficzną.
4. (T2) Sieć odwrotna – dwie równoważne definicje i podstawowe właściwości.
5. (T3.1) Rodzaje defektów punktowych. Wyprowadzenie równowagowej koncentracji defektów Schottky'ego jednego rodzaju w rzeczywistej sieci krystalicznej.
6. (T3.2) Wytrzymałości sieci krystalicznej doskonałej na ścinanie, porównanie z siecią rzeczywistą.
7. (T4.1) Klasyfikacja wiązań krystalicznych – krótka charakterystyka typów wiązań.
8. (T4.2) Wiązanie van der Waalsa – przyczyny wiązania, potencjał Lennarda-Jonesa, oraz opis energii całkowitej wiązania kryształu molekularnego o znanej strukturze.
9. (T5.2) Kryształy jonowe - stała Madelunga i całkowita energia wiązania kryształu.
10. (T5.4) Zastosowanie modelu sztywnych kul do kryształów jonowych, wartość krytyczna stosunku promieni jonowych i związek promieni jonowych ze stałą sieci dla jednej wybranej struktury krystalicznej.
11. (T6.1) Wiązanie kowalencyjne – charakterystyka, struktura tetraedryczna, wiązanie spolaryzowane.
12. (T6.2) Wiązanie wodorowe – charakterystyka i znaczenie wiązania wodorowego w przyrodzie.
13. (T7) Kryształy metaliczne – charakterystyka i wyjaśnienie pojęcia energii spójności.

GRUPA 2 (drgania sieci krystalicznej)

14. (T8) Drgania monoatomowego łańcucha liniowego – związek dyspersyjny (wyprowadzenie nie wymagane), jego wykres i zastosowanie do wyznaczania prędkości grupowej fali mechanicznej.
15. (T9) Drgania sieci krystalicznej – związek dyspersyjny (wyprowadzenie nie wymagane) i jego wykres dla dwuatomowego łańcucha liniowego oraz wykres dla kryształu trójwymiarowego.
16. (T10) Model drgań normalnych – współrzędne fononowe jako rezultat dyskretnej transformacji Fouriera wychyleń atomów, ortogonalność oscylacji opisanych we współrzędnych fononowych.
17. (T11.1) Gęstość stanów fononowych w liniowym kryształcie monoatomowym, porównanie rozwiązania dokładnego (wyprowadzenie nie wymagane), przybliżenia Einsteina oraz Debye'a.
18. (T11.3) Gęstość stanów fononowych w kryształcie trójwymiarowym – wzór ogólny (wyprowadzenie nie wymagane) oraz przybliżenia Einsteina i Debye'a.
19. (T12) Energia i ciepło właściwe kryształu (izolatora) – porównanie przybliżeń Einsteina i Debye'a w przypadku niskich oraz wysokich temperatur (wyprowadzenia wzorów nie są wymagane).
20. (T13.1) Przewodnictwo cieplne ciał stałych – definicja współczynnika przewodnictwa cieplnego, jego związek z pojemnością cieplną (wyprowadzenia wzorów nie są wymagane) i procesy decydujące o temperaturowej zależności wsp. przewodnictwa cieplnego w niskich i wysokich temperaturach.
21. (T13.2) Rozszerzalność cieplna ciał stałych jako konsekwencja anharmonicznej zależności energii potencjalnej atomów od ich wychYLENIA. Pośrednie etapy przekształceń średniej ważonej wychYLENIA atomu nie są wymagane.

GRUPA 3 (elektrony w metalach)

22. (T14.1) Przyczyna niepowodzenia modelu elektronów swobodnych Drudego w zakresie wyznaczania ciepła właściwego metali w świetle współczesnej wiedzy.
23. (T14.2) Teoria metali Sommerfelda – założenia, promień kuli Fermiego, idea konstrukcji N -elektronowego stanu podstawowego dla $T = 0$ K i wynikająca z niej objętościowa gęstość elektronowa (wyprowadzenia wzorów nie są wymagane).
24. (T15) Rozwinięcie Sommerfelda z opisem symboli (bez wyprowadzenia) i jego zastosowanie do gęstości elektronowej w metalach i wyznaczenia związku potencjału chemicznego μ z energią Fermiego $\mathcal{E}_F$.

25. (T16.2) Rachunek zaburzeń niezależnych od czasu dla stanów zdegenerowanych – założenia rachunku oraz równanie wiekowe z opisem wykorzystanych symboli (wyprowadzenie nie jest wymagane).
26. (T16.3) Model elektronów prawie swobodnych – założenia, postać równania wiekowego z opisem symboli i wnioski dotyczące energii elektronu E jako funkcji wektora falowego $\mathbf{k}$. Pośrednie etapy przekształceń nie są wymagane.
27. (T16.4 + T2) Pokazać, że granice stref Brillouina pokrywają się z miejscami nieciągłości energii elektronów w przestrzeni wektora falowego $\mathbf{k}$ wynikającymi z modelu elektronów prawie swobodnych, tzn. z miejscami gdzie $\mathbf{k}^2 = (\mathbf{k} \pm \mathbf{G})^2$ i $\mathbf{G}$ jest wektorem sieci odwrotnej.
28. (T17) Twierdzenie Blocha i jego dowód.
29. (T18) Model silnego wiązania – podstawowe równania i przybliżenia (w tym przybliżenie *Linear Combination of Atomic Orbitals*), wniosek dotyczący zależności energii elektronu w kryształach od wektora falowego $E(\mathbf{k})$ i jego zastosowanie do sieci regularnej prostej. Pośrednie etapy przekształceń nie są wymagane.

GRUPA 4 (półprzewodniki)

30. (T19) Prędkość i tensor masy efektywnej elektronu w sieci krystalicznej, pojęcia masy efektywnej poprzecznej i podłużnej (wykresy masy efektywnej w funkcji wektora falowego nie są wymagane).
31. (T21.1) Metody wyznaczania szerokości przerwy energetycznej w półprzewodnikach.
32. (T21.2) Wyjaśnić na czym polega skośna przerwa energetyczna w krzemie i jak wyglądają powierzchnie izoenergetyczne elektronów oraz podwójne wartości masy efektywnej elektronów oraz dziur w krzemie w pobliżu ekstremów pasma przewodnictwa i pasma walencyjnego.
33. (T21.4) Wodoropodobny model struktur tworzonych przez domieszki w półprzewodniku i położenie poziomów domieszkowych donorowych oraz akceptorowych w modelu pasmowym.
34. (T22) Osobliwości gęstości stanów elektronowych $D(E)$ i ich związek ze strukturą pasmową $E(\mathbf{k})$.
35. (T19+T22) Paraboliczne przybliżenie zależności energii elektronu od wektora falowego $E(\mathbf{k})$ i jego zastosowanie do wyznaczania gęstości stanów elektronowych w paśmie przewodnictwa.
36. (T23.2) Prawo działania mas i wnioski dotyczące koncentracji nośników w półprzewodnikach samoistnych oraz domieszkowanych.
37. (T23.3) Temperaturowa zależność koncentracji elektronów w paśmie przewodnictwa półprzewodnika typu n , podstawowe wzory i rezultaty (pośrednie etapy przekształceń nie są wymagane).
38. (T24) Temperaturowa zależność ruchliwości nośników oraz przewodnictwa elektrycznego półprzewodników.
39. (T25) Omówić efekt Halla na przykładzie próbki materiału z jednym typem nośników prądu.

(T...) – w nawisach podano numer tematu na wykładzie.