

Przykładowe pytania egzaminacyjne z przedmiotu fizyka 2 na kierunku biogospodarka

Pytania opisowe

- 1) Jakie założenia stoją u podstaw szczególnej teorii względności? Określić podstawową różnicę odróżniającą transformację Lorentza od transformacji Galileusza?
- 2) Na czym polegają zjawiska dylatacji czasu i skrócenia długości przewidywane przez szczególną teorię względności?
- 3) Kiedy kolejność dwóch zdarzeń może ulec odwróceniu przy przejściu między różnymi układami inercjalnymi? Kiedy można wykluczyć związek przyczynowo-skutkowy między dwoma zdarzeniami zachodzącymi w dwóch różnych układach odniesienia?
- 4) Jakim wzorem wyraża się energia spoczynkowa ciała? Czy wartość energii spoczynkowej zależy od wyboru inercjalnego układu współrzędnych, w którym ją wyznaczamy? W jakich zjawiskach fizycznych można zaobserwować zmianę energii spoczynkowej? Dlaczego kreacja pary elektron-pozyton może być wywołana tylko przez fotony o odpowiednio wysokiej energii? Dlaczego jądra atomów lekkich pierwiastków nie ulegają reakcji rozszczepienia?
- 5) Jak zależy od wartości prędkości energia kinetyczna ciała poruszającego się prędkością znaczącą w stosunku do prędkości światła? Dlaczego trudno jest rozpędzić ciało do prędkości bliskiej prędkości światła? Jak definiujemy pęd ciała poruszającego się z prędkością znaczącą w stosunku do wartości prędkości światła? Czy wartość pędu jest proporcjonalna do szybkości ciała? Jaki związek wiąże pęd ciała z wypadkową siłą działającą na ciało? Czy przyspieszenie ciała poruszającego się z prędkością znaczącą w stosunku do wartości prędkości światła jest proporcjonalne do wypadkowej siły działającej na to ciało? Określić związek energii kinetycznej ciała z wartością jego pędu w mechanice klasycznej (gdy prędkość poruszającego się ciała jest niewielka) i relatywistycznej (gdy prędkość jest znacząca w stosunku do wartości prędkości światła).
- 6) Co rozumiemy przez stwierdzenie iż promieniowanie elektromagnetyczne ma naturę korpuskularno-falową? W jakich zjawiskach ujawnia się natura korpuskularna promieniowania a w jakich natura falowa? Jaki jest związek między wielkościami fizycznymi służącymi do opisu fali elektromagnetycznej i wielkościami służącymi do opisu cząstki będącej nośnikiem tego promieniowania? Jak nazywamy tą cząstkę? Czy relacje zachodzące między tymi wielkościami mają również zastosowanie w przypadku opisu cząstek o niezerowej masie spoczynkowej takich jak elektron i fal materii związanych z tymi cząstkami?
- 7) Jakie ciało nazywamy ciałem doskonale czarnym? Co może modelować takie ciało? Jakie własności ma promieniowanie emitowane przez ciało doskonale czarne? Jak wpływa zmiana temperatury na rozkład widmowy tego promieniowania (zależność zdolności emisyjnej od częstości lub długości fali emitowanego promieniowania) oraz na całkowitą zdolność emisyjną ciała doskonale czarnego? Na czym polega katastrofa w nadfiolecie przewidywana przez niepoprawny wzór Rayleigha-Jeansa na rozkład widmowy promieniowania ciała doskonale czarnego? Jakie założenie nie mające uzasadnienia w fizyce klasycznej zostało przyjęte w celu wyprowadzenia wzoru Plancka opisującego poprawnie zależność zdolności emisyjnej ciała doskonale czarnego od częstości emitowanego promieniowania? Czy przy wyprowadzeniu wzoru Plancka korzysta się z zasady ekwipartycji energii?
- 8) Na czym polega zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne? Jakie są podstawowe cechy tego zjawiska? Jakich właściwości zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego nie można wyjaśnić posługując się falowym opisem promieniowania elektromagnetycznego? Jak można wyjaśnić te właściwości wychodząc poza falowy opis promieniowania? Zapisać

podstawowe równanie opisujące zjawisko fotoelektryczne i objaśnić co oznaczają symbole pojawiające się w tym równaniu.

- 9) Na czym polega efekt Comptona i jakie są jego podstawowe właściwości? W jaki sposób można wyjaśnić właściwości tego efektu? Jakie wielkości fizyczne trzeba przypisać fotonom, aby można było poprawnie opisać ten efekt? Jakie zasady zachowania wykorzystuje się przy opisie tego efektu? Sformułować ogólne równania służące do opisu tego efektu wynikające z tych zasad.
- 10) Omówić hipotezę de Broglie'a. Przy pomocy jakich relacji można powiązać własności falowe cząstek z ich własnościami korpuskularnymi? Jak można w sposób eksperymentalny potwierdzić słuszność hipotezy de Broglie'a? Dlaczego nie obserwuje się własności falowych dla ciał makroskopowych?

11)

- a) Sformułować zasadę nieoznaczoności Heisenberga dla położenia i pędu oraz energii i czasu. Podać przykłady wskazujące na zgodność opisu obiektów lub zjawisk kwantowych z zasadą Heisenberga
- b) Rozważyć cząstkę swobodną o masie m i energii E opisaną poniższą funkcją falową

$$\Psi(x, t) = A \exp(ikx - i\omega t) \text{ gdzie } \omega = \frac{E}{\hbar}, k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$$

Co można powiedzieć o pędzie tej cząstki? Czemu równa jest nieoznaczoność pomiaru pędu dla tej cząstki? Czy można wyróżnić punkty w przestrzeni w których występuje podwyższona gęstość prawdopodobieństwa znalezienia tej cząstki? Jaka musi być nieoznaczoność położenia tej cząstki, ażeby była spełniona zasada nieoznaczoności?

- 12) Sformułować w ogólnej postaci równanie Schrödingera zależne i niezależne od czasu. Wyjaśnić znaczenie wszystkich symboli pojawiających się w tych równaniach.
- 13) Omówić przewidywane przez mechanikę kwantową podstawowe własności cząstki poruszającej się w obszarze danym potencjałem

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & \text{dla } x < 0 \\ 0 & \text{dla } 0 < x < L \\ V_0 & \text{dla } x > L \end{cases}$$

(studnia kwantowa o skończonej głębokości), jeżeli energia cząstki jest mniejsza od wysokości barier. Które z nich różnią się od własności poruszającej się w takim samym potencjale cząstki opisywanej w ramach mechaniki klasycznej? Rozważyć w szczególności co można powiedzieć na temat energii analizowanej cząstki i gęstości prawdopodobieństwa znalezienia jej w różnych obszarach przestrzeni. Jak możemy praktycznie wytworzyć studnie kwantową? W opisie tematu nie jest wymagane podanie konkretnych wzorów dotyczących energii czy funkcji falowej rozważanej cząstki.

- 14) Na czym polega efekt tunelowy? Jak można go wyjaśnić wykorzystując pojęcie funkcji falowej związanej z cząstką kwantową? Jakie są podstawowe własności zjawiska tunelowego? W szczególności określić jaką w przybliżeniu postać ma w złączach tunelowych z grubymi barierami zależność współczynnika transmisji od grubości bariery? Jaką właściwość cząstek α emitowanych w trakcie przemian jądrowych z jąder można wyjaśnić odwołując się do zjawiska tunelowego? Na czym polega działanie skaningowego mikroskopu tunelowego? Jaka właściwość zjawiska tunelowego umożliwia osiągnięcie dużej rozdzielczości obrazu uzyskanego przy pomocy tego mikroskopu?
- 15) Kwantowy jednowymiarowy oscylator harmoniczny-określić podstawowe właściwości cząstki kwantowej poruszającej się potencjale opisującym jednowymiarowy oscylator

- harmoniczny. Wskazać różnicę pomiędzy właściwościami takiej cząstki przewidywanymi przez mechanikę kwantową a właściwościami takiej samej cząstki przewidywanymi przez mechanikę klasyczną. Zwrócić szczególną uwagę na możliwe wyniki pomiarów energii cząstki oraz prawdopodobieństwo jej znalezienia w różnych obszarach przestrzeni.
- 16) Na czym polega kwantyzacja przestrzenna orbitalnego momentu pędu?
 - 17) Jakie 3 liczby kwantowe wykorzystujemy do opisu funkcji falowej elektronu w atomie jednoelektronowym? Jakie mogą one przyjmować wartości? Od której z powyższych liczb zależy energia elektronu? Z pomiarem jakich wielkości fizycznych są związane pozostałe liczby? Do opisu stanu kwantowego elektronu w atomie wykorzystujemy jeszcze jedną liczbę przyjmującą dwie wartości. Jakie wartości może przyjmować ta liczba i co ona określa?
 - 18) Jaki sens możemy nadać radialnej gęstości prawdopodobieństwa dla elektronów w atomie wodoru i jak można ją wyznaczyć znając funkcje falową dla elektronów w atomie wodoru? Określić podstawowe cechy tej gęstości dla elektronów znajdujących się w różnych stanach kwantowych.
 - 19) Jakie założenia przyjmuje się w celu stworzenia opisu modelu atomu wodoru w teorii Bohra? Czy można któreś z tych założeń powiązać z relacją między własnościami korpuskularnymi i falowymi cząstek zapostulowaną przez de Broglie'a? Które z przewidywań modelu Bohra dotyczące właściwości atomu wodoru są zgodne z przewidywaniami wynikającymi z modelu atomu wodoru opartego na znalezieniu akceptowalnego fizycznie rozwiązania równania Schrödingera? Które z przewidywań modelu Bohra różnią się od przewidywań modelu opartego na równaniu Schrödingera? Jak tłumaczymy powstanie liniowych widm emisyjnych oraz absorpcyjnych promieniowania przez atomy? Jak można określić możliwe częstotliwości emitowanego promieniowania?
 - 20) Sformułować zakaz Pauliego dla elektronów w atomie wieloelektronowym. Jak ten zakaz wpływa na budowę atomów? Co decyduje o zakwalifikowaniu danego pierwiastka do określonej grupy oraz okresu w układzie okresowym? Podać przykłady jak zaliczenie pierwiastka do określonej grupy wpływa na jego właściwości. Określić na czym polega zjawisko ekranowania ładunku jądra w atomach wieloelektronowych? Jak wpływa ono na energie elektronów znajdujących się w różnych stanach kwantowych w takich atomach? Czy i jak energia elektronów w atomach wieloelektronowych zależy od głównej liczby kwantowej n i orbitalnej liczby kwantowej l ?
 - 21) Omówić krótko dwa podstawowe typy wiązań występujących pomiędzy atomami w cząsteczkach i ciałach stałych.
 - 22) Określić podstawowe właściwości jąder? Z czego jądra się składają? Co można powiedzieć o gęstości materii w jądrze, wielkości i kształcie jąder oraz oddziaływaniach zachodzących między składnikami jądra? Jak można określić energie wiązania jądra. Jak energia wiązania jądra przypadająca na jeden nukleon zależy od jego liczby atomowej i masowej? Dlaczego wielkość tej energii ma duże znaczenie przy określaniu trwałości jąder? Jak wpływa na trwałość jąder zmiana ilości protonów i neutronów wchodzących w skład jąder?
 - 23) Wymienić i krótko opisać przemiany jądrowe odpowiedzialne za naturalną promieniotwórczość jąder pierwiastków promieniotwórczych. Emisja jakich cząstek towarzyszy każdej z tych przemian? Podać prawo pozwalające na oszacowanie ilości atomów ulegających rozpadowi promieniotwórczemu w określonym czasie. Jaki sens ma czas połowicznego zaniku? Wymienić kilka przykładów wielkości ulegających zachowaniu podczas przemian jądrowych.

- 24) Na czym polega reakcja rozszczepienia jąder ciężkich pierwiastków? Dlaczego reakcji takiej nigdy nie ulegają jądra lekkich pierwiastków? Co inicjuje tę reakcję w przypadku jąder izotopu uranu ^{235}U ? Co rozumiemy przez stwierdzenie iż reakcja ta może być reakcją łańcuchową? W jaki sposób można kontrolować w reaktorze jądrowym tempo zachodzenia reakcji rozszczepienia?
- 25) Na czym polega reakcja syntezy jąder lekkich pierwiastków? Podać przykład takiej reakcji. Gdzie we Wszechświecie taka reakcja zachodzi? Dlaczego jądom przed syntezą należy dostarczyć dużej energii kinetycznej aby umożliwić zajście syntezy jądrowej? Dlaczego reakcji syntezy jądrowej nigdy nie ulegają jądra ciężkich pierwiastków?
- 26) Jakie fundamentalne typy oddziaływań wyróżniamy w przyrodzie. Uszeregować je w kolejności od najsilniejszych do najsłabszych. W przypadku trzech z tych oddziaływań określić jakie cząstki są nośnikami tych oddziaływań. Omówić nieco bliżej jedno z tych oddziaływań.

Pytania testowe

1) Rozważamy dwa układy inercjalne O oraz O'. Wiadomo iż układ O' porusza się w układzie O ze stałą prędkością skierowaną równoległe do osi Ox o wartości V_0 . Ponadto wiadomo iż w chwili $t=t'=0$ początki obu układów znajdowały się w tym samym punkcie oraz osie Ox i Ox' obu układów są równoległe do siebie. Który z poniższych zestawów wzorów może wyrażać transformacje Lorentza między obydwoma układami?

$$\text{a) } x' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}} (x - V_0 t) \qquad t' = \frac{V_0}{c} \left(t - \frac{V_0}{c^2} x \right)$$

$$\text{b) } x' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}} (x - V_0 t) \qquad t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}} \left(t - \frac{V_0}{c^2} x \right)$$

$$\text{c) } x' = \frac{V_0}{c} (x - V_0 t) \qquad t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}} \left(t - \frac{V_0}{c^2} x \right)$$

$$\text{d) } x' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}} (x - V_0 t) \qquad t' = t$$

$$\text{e) } x' = x - V_0 t \qquad t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}} \left(t - \frac{V_0}{c^2} x \right)$$

2) Rozpatrzmy dwa zdarzenia, pierwsze zachodzące w inercjalnym układzie współrzędnych O w punkcie opisanym wektorem wodzącym $\vec{r}_1 = (x_1, y_1, z_1)$ w chwili czasu t_1 , drugie zachodzące w tym samym układzie współrzędnych w punkcie określonym wektorem wodzącym $\vec{r}_2 = (x_2, y_2, z_2)$ w chwili czasu t_2 . Wprowadzamy wielkości zależne od składowych wektorów wodzących $\vec{r}_1 = (x_1, y_1, z_1)$ oraz $\vec{r}_2 = (x_2, y_2, z_2)$ a także czasów t_1 i t_2 zdefiniowane wzorami

$$\text{a) } \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

$$\text{b) } \Delta t = t_2 - t_1$$

$$\text{c) } \Delta S = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2}$$

$$\text{d) } \Delta w = \sqrt{c^2(t_2 + t_1)^2 - (x_2 + x_1)^2 - (y_2 + y_1)^2 - (z_2 + z_1)^2}$$

Która z powyższych wielkości nie ulega zmianie przy przejściu do innego układu inercjalnego O' poruszającego się względem układu O ze stałą prędkością o wartości V znaczącej w stosunku do prędkości światła (stosujemy prawa wynikające ze szczególnej teorii względności)

3) Które z poniższych stwierdzeń są stwierdzeniami prawdziwymi w zgodzie ze szczególną teorią względności?

- Kolejność zachodzenia dwóch dowolnych zdarzeń nigdy nie zależy od wyboru inercjalnego układu współrzędnych, w którym je analizujemy.
- Istnieją zdarzenia, dla których nie można znaleźć inercjalnego układu odniesienia, w którym zdarzenia te są jednoczesne.
- Odstęp czasu między dwoma zdarzeniami w jednym układzie inercjalnym może zależeć od odległości miejsc zachodzenia tych zdarzeń w innym układzie inercjalnym.

- d) Odstęp czasu między dwoma zdarzeniami jest najkrótszy w układzie inercyjnym w którym zdarzenia te zachodzą w tym samym miejscu.
- e) Długość pręta określona w układzie inercyjnym w którym pręt ten się porusza może być dłuższa od długości tego samego pręta zmierzonej w układzie w którym pręt ten spoczywa.
- f) Wartość prędkości ciała o skończonej energii i niezerowej masie spoczynkowej może być równa wartości prędkości światła w próżni.
- g) Energia kinetyczna ciała o niezerowej masie spoczynkowej, którego wartość prędkości dąży do prędkości światła c , dąży do nieskończoności.
- h) Wartość pędu ciała o niezerowej masie spoczynkowej, którego wartość prędkości dąży do prędkości światła c , dąży do nieskończoności.
- i) Wartość pędu ciała jest zawsze proporcjonalna do wartości prędkości ciała.
- j) Energia kinetyczna ciała jest zawsze proporcjonalna do kwadratu prędkości ciała
- k) Słuszna jest poniższa relacja wiążąca pęd ciała \vec{p} z wypadkową siłą działającą na to ciało \vec{F} :
$$\vec{F} : \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$
- l) Słuszna jest poniższa relacja wiążąca przyspieszenie ciała \vec{a} z wypadkową siłą działającą na to ciało \vec{F} oraz masą spoczynkową m_0 : $m_0\vec{a} = \vec{F}$
- m) Wielkość określona wzorem $E^2 - c^2 p^2$ (E -energia ciała, p -wartość pędu ciała, c -prędkość światła w próżni) nigdy nie zależy od wyboru układu odniesienia, w którym ją określamy

4) Czy katastrofa w nadfiolecie wynikająca z wyprowadzonego w ramach klasycznej termodynamiki wzoru Rayleigha-Jeansa na rozkład widmowy promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne jest związana z tym iż:

- a) zgodnie z tym wzorem zdolność emisyjna promieniowania emitowanego przez to ciało posiada maksimum dla częstości odpowiadającej nadfioletowej części widma
- b) zgodnie z tym wzorem zdolność emisyjna dla niskich częstości promieniowania $\nu \rightarrow 0$ dąży do ∞
- c) zgodnie z tym wzorem zdolność emisyjna dla wysokich częstości promieniowania $\nu \rightarrow \infty$ dąży do ∞
- d) w oparciu o ten wzór można pokazać iż całkowita zdolność emisyjna analizowanego ciała jest nieskończona

Zaznaczyć wszystkie poprawne odpowiedzi.

5) Jakie założenie nie mające uzasadnienia w fizyce klasycznej zostało przyjęte w celu wyprowadzenia rozkładu Plancka widmowej zdolności emisyjnej ciała doskonale czarnego zgodnego z eksperymentem

- a) energia wymieniana pomiędzy materią i promieniowaniem może być tylko równa całkowitej wielokrotności wielkości $h\nu$ (h -stała Plancka, ν -częstotliwość promieniowania)
- b) energia wymieniana pomiędzy materią i promieniowaniem może być tylko równa całkowitej wielokrotności wielkości $h\nu^2$ (h -stała Plancka, ν -częstotliwość promieniowania)
- c) średnia energia modu promieniowania zawartego we wnęce wypełnionej promieniowaniem zależy wyłącznie od temperatury ciała, a nie zależy od częstości promieniowania

- d) do określenia średniej energii modu promieniowania zawartego we wnęce wypełnionej promieniowaniem można wykorzystać zasadę ekwipartycji energii

Zaznaczyć poprawną odpowiedź.

- 6) Które z poniższych twierdzeń dotyczących promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne są poprawne
- Minimalna wartość energii wymienianej między ciałem a promieniowaniem o długości fali λ rośnie ze wzrostem λ .
 - Minimalna wartość energii jaką może wymieniać ciało z promieniowaniem o częstotliwości ν rośnie ze wzrostem ν .
 - Do określenia średniej energii modu promieniowania o częstotliwości ν można stosować klasyczną zasadę ekwipartycji energii.
 - Klasyczny wzór Rayleigha-Jeansa daje wyniki zgodne ze wzorem Plancka służącym do poprawnego określenia spektralnej zdolności emisyjnej promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne wówczas gdy częstość emitowanego promieniowania dąży do 0.
 - Klasyczny wzór Rayleigha-Jeansa daje wyniki zgodne ze wzorem Plancka służącym do poprawnego określenia spektralnej zdolności emisyjnej promieniowania gdy częstość emitowanego promieniowania dąży do ∞ .

Zaznaczyć wszystkie poprawne odpowiedzi.

- 7) Które z poniższych twierdzeń dotyczących promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne są poprawne
- Długość fali dla której spektralna zdolność emisyjna (zdolność emisyjna zależna od częstotliwości emitowanego promieniowania) osiąga maksimum maleje ze wzrostem temperatury ciała
 - Całkowita zdolność emisyjna ciała doskonale czarnego (powstała po scałkowaniu zdolności spektralnej po wszystkich możliwych częstotliwościach emitowanego promieniowania) jest proporcjonalna do temperatury ciała
 - Całkowita zdolność emisyjna ciała doskonale czarnego rośnie ze wzrostem temperatury ciała
 - Całkowita zdolność emisyjna ciała doskonale czarnego nie zależy od temperatury ciała

Zaznaczyć wszystkie poprawne odpowiedzi.

- 8) Czy efekt (zjawisko) Comptona polega na
- emisji elektronów z ciała stałego pod wpływem padającego na niego promieniowania elektromagnetycznego
 - emisji fotonów z powierzchni ciała stałego po skierowaniu na niego strumienia elektronów
 - rozproszeniu promieniowania elektromagnetycznego (fali elektromagnetycznej) na elektronach, których energia wiązania w atomach jest mała w stosunku do energii padających fotonów, którym fotony przekazują część swojej energii w trakcie zderzenia
 - sprężystym rozpraszaniu promieniowania elektromagnetycznego na atomach, któremu nie towarzyszy zmiana energii fotonów w trakcie rozpraszania
- 9) Które z poniższych stwierdzeń poprawnie opisują wybrane cechy zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego?

- a) Ilość emitowanych z ciała (metal) elektronów nie zależy od natężenia padającego na ciało promieniowania elektromagnetycznego (fali elektromagnetycznej).
- b) Obserwuje się mierzalny odstęp czasu między czasem emisji pierwszych elektronów a czasem dotarcia do ciała promieniowania.
- c) Maksymalna energia emitowanych elektronów rośnie ze wzrostem natężenia promieniowania.
- d) Maksymalna energia emitowanych elektronów rośnie ze wzrostem częstotliwości promieniowania
- e) Występuje minimalna częstotliwość promieniowania którą musi ono posiadać aby nastąpiła emisja elektronów

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia

10) Który z poniższych wzorów może służyć do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego

a) $h\nu = W + E_{k,\max}$

b) $h\lambda = W - E_{k,\max}$

c) $h\nu = E_{k,\max} - W$

d) $h\nu = W - E_{k,\max}$

Zaznaczyć poprawną odpowiedź. Co oznaczają symbole występujące w wybranym wzorze? Jakim wzorem wyraża się energia fotonu?

11) Które z poniższych równań jest równaniem Schrödingera zależnym od czasu

a) $i\hbar \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V \right] \Psi$

b) $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V \right] \Psi$

c) $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = [\nabla + V] \Psi$

d) $i\hbar \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla + V \right] \Psi ?$

(gdzie $\Delta = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$).

Zaznaczyć poprawną odpowiedź.

12) Wiemy iż cząstka poruszająca się w przestrzeni jednowymiarowej opisana jest zespoloną funkcją falową $\Psi(x,t)$. Jak można określić dla chwili czasu t gęstość prawdopodobieństwa znalezienia tej cząstki w punkcie o współrzędnej x ?

a) $\rho = \Psi^2$

b) $\rho = \Psi^* \Psi$

c) $\rho = |\Psi|^2$

d) $\rho = |\Psi|$

e) $\rho = |\Psi|^2 x$

(Ψ^* oznacza funkcję sprzężoną w sposób zespolony do funkcji Ψ)

Zaznaczyć wszystkie poprawne odpowiedzi.

Jaki warunek musi spełniać funkcja falowa aby opisywana wybranymi wzorami wielkość naprawdę reprezentowała gęstość prawdopodobieństwa?

- a) $\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi| dx = 1$
- b) $\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi|^2 dx = 1$
- c) $|\Psi| < 1$
- d) funkcja falowa musi przyjmować wartości rzeczywiste

Zaznaczyć właściwą odpowiedź.

- 13) Rozważamy funkcję falową opisującą cząstkę kwantową poruszającą się w obszarze potencjału przyjmującego we wszystkich punktach przestrzeni skończone wartości. Które z podanych niżej twierdzeń dotyczących własności tej funkcji są twierdzeniami prawdziwymi?
- a) Wartości tej funkcji muszą być liczbami rzeczywistymi.
 - b) Funkcja ta nie może osiągać wartości nieskończonych.
 - c) Funkcja ta musi być funkcją ciągłą swoich argumentów przestrzennych.
 - d) Funkcja ta musi być funkcją jednoznaczną.
 - e) Funkcja ta w żadnym punkcie przestrzeni nie może przyjmować wartości równej zero.
 - f) Pierwsza pochodna tej funkcji po każdej ze zmiennych przestrzennych musi być funkcją ciągłą.

- 14) Znane są rozwiązania równania Schrödingera niezależnego od czasu

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V \right] \psi_n(\vec{r}) = E_n \psi_n(\vec{r})$$

Które z poniższych stwierdzeń dotyczących właściwości stanu stacjonarnego w jakim znajduje się cząstka kwantowa są stwierdzeniami prawdziwymi?

- a) w stanie stacjonarnym funkcja falowa opisująca cząstkę kwantową nie zależy od czasu
- b) w stanie stacjonarnym gęstość prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w przestrzeni nie zależy od czasu
- c) w stanie stacjonarnym znana jest energia cząstki
- d) w stanie stacjonarnym znane jest położenie cząstki
- e) w stanie stacjonarnym funkcja falowa opisująca cząstkę stanowi superpozycję co najmniej dwóch funkcji będących rozwiązaniem równania Schrödingera niezależnego od czasu o różnych energiach
- f) w stanie stacjonarnym funkcje falową opisującą cząstkę kwantową można wyrazić wzorem $\psi(\vec{r}, t) = \psi_n(\vec{r}) \exp\left(-\frac{iE_n t}{\hbar}\right)$
- g) w stanie stacjonarnym funkcje falową opisującą cząstkę kwantową można wyrazić wzorem $\psi(\vec{r}, t) = \psi_n(\vec{r}) \exp\left(-\frac{E_n t}{\hbar}\right)$
- h) w stanie stacjonarnym funkcje falową opisującą cząstkę kwantową można wyrazić wzorem $\psi(\vec{r}, t) = \sum_n c_n(t) \psi_n(\vec{r}) \exp\left(-\frac{iE_n t}{\hbar}\right)$ w którym co najmniej dwa współczynniki c_n są różne od zera

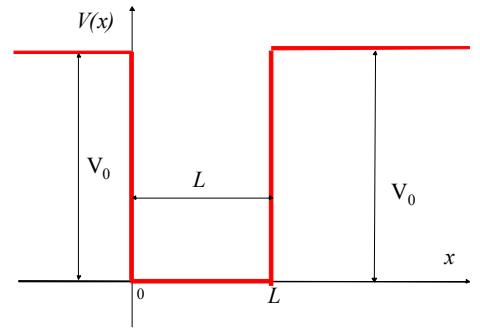
Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia

- 15) Rozważamy cząstkę kwantową o energii $E < V_0$ poruszającą się w potencjale danym wzorem:

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & \text{dla } x < 0 \\ 0 & \text{dla } 0 < x < L \\ V_0 & \text{dla } x > L \end{cases}$$

opisującym studnię kwantową o skończonej głębokości.

Które z poniższych stwierdzeń są twierdzeniami prawdziwymi?



- W wyniku pomiaru energii cząstki można otrzymać wartość wyrażającą się przez dowolną liczbę rzeczywistą z zakresu $(0, V_0)$.
- Pomiar energii cząstki nie może dać w wyniku zera.
- Prawdopodobieństwo znalezienia cząstek w obszarach barier o $x > L$ oraz $x < 0$ jest równe zero.
- Istnieją stany o określonej energii w przypadku których gęstość prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w punkcie o $x = 2L$ jest większa niż w punkcie $x = L$.
- Gęstość prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w dowolnym punkcie w studni (czyli w obszarze o x z zakresu $0 < x < L$) jest jednakowa.
- Istnieją stany stacjonarne o określonej energii w przypadku których w obszarze studni można wyróżnić punkty w których gęstość prawdopodobieństwa znalezienia tam cząstki znajdującej się w tych stanach osiąga wartość zero.

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- 17) Rozważyć jednowymiarowy oscylator harmoniczny czyli cząstkę poruszającą się w obszarze potencjału danego wzorem $V = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$. Zakładając, iż A oznacza amplitudę drgań klasycznego oscylatora zależną od jego energii E i daną wzorem

$$A = \sqrt{\frac{2E}{m\omega^2}}$$

określić, które z poniższych twierdzeń są słuszne w przypadku kwantowego jednowymiarowego oscylatora harmonicznego.

- Istnieje prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w obszarze w którym $x > A$.
- Gęstość prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w obszarze w którym $-A < x < A$ nie zależy od x .
- W stanie podstawowym o najniższej energii gęstość prawdopodobieństwa znalezienia cząstki jest maksymalna dla $x \approx \pm A$.
- We wszystkich stanach stacjonarnych prawdopodobieństwo znalezienia cząstki jest różne od zera we wszystkich punktach z zakresu $-A < x < A$.
- Energia analizowanej cząstki nie może być równa zero.
- Odległość w skali między kolejnymi dozwolonymi poziomami energetycznymi oscylatora jest jednakowa (nie zależy od energii tych poziomów)

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- 18) Które z poniższych stwierdzeń dotyczących atomu wodoru są prawdziwe?

- Przewidywane w modelu Bohra dozwolone energie elektronu w atomie wodoru są takie same jak te wynikające z rozwiązania równania

Schrödingera niezależnego od czasu z potencjałem $V = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$ dla

elektronu w atomie wodoru.

- b) Ograniczenie ruchu elektronów do orbit kołowych o ściśle ustalonych promieniach wynika z rozwiązania równania Schrödingera dla elektronu w atomie wodoru.
- c) Atom wodoru emituje promieniowanie o widmie ciągłym czyli może emitować światło o dowolnej długości fali.
- d) Energia elektronu w atomie wodoru jest skwantowana czyli może przyjmować tylko wartości ze zbioru dyskretnego.
- e) Można dokładnie wyznaczyć jednocześnie energie elektronu i jego położenie w przestrzeni.

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- 19) Zgodnie z prawami mechaniki kwantowej dla elektronu w atomie wodoru można jednocześnie wyznaczyć
- a) energie elektronu oraz rzut (orbitalnego) momentu pędu oraz spinu na dwie różne osie kartezjańskiego układu współrzędnych
 - b) energie elektronu, kwadrat momentu pędu elektronu oraz rzut momentu pędu (orbitalnego) i spinu na oś Oz
 - c) energie elektronu oraz wszystkie składowe jego wektora wodzącego
 - d) wszystkie składowe wektora wodzącego i pędu elektronu

Zaznaczyć 1 poprawną odpowiedź. Zaniedbujemy wpływ efektów relatywistycznych na właściwości atomu.

- 20) W wyniku pomiaru rzutu spinu **elektronu** na oś Oz można otrzymać jedną z poniższych wartości

- a) $-\frac{\hbar}{2}, 0, \frac{\hbar}{2}$
- b) $-\frac{\hbar}{2}, \frac{\hbar}{2}$
- c) $0, \frac{\hbar}{2}, \hbar, \frac{3}{2}\hbar, \dots$
- d) $\frac{\hbar}{2}, \hbar, \frac{3}{2}\hbar, 2\hbar, \frac{5}{2}\hbar, \dots$

gdzie $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, h - stała Plancka

Zaznaczyć poprawne stwierdzenie.

- 21) Gdy zaniedbujemy istnienie oddziaływania spinowo-orbitalnego i innych efektów relatywistycznych to do opisu stanu kwantowego elektronu w atomie wodoru wykorzystujemy 4 liczby kwantowe: n -główną liczbę kwantową, l -orbitalną (poboczną) liczbę kwantową, m -magnetyczną liczbę kwantową, m_s -magnetyczną spinową liczbę kwantową. Które z poniższych twierdzeń są twierdzeniami prawdziwymi?

- a) Energia elektronu w atomie wodoru **nie zależy** od
 - 1) liczby n
 - 2) liczby l
 - 3) liczby m
 - 4) liczby m_s

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- b) Gdy wartość głównej liczby kwantowej jest równa $n=2$ to orbitalna liczba kwantowa l może przyjmować wartości
- 1) -1,0,1
 - 2) 1,2
 - 3) 0,1
 - 4) -2,-1,0,1,2

Zaznaczyć poprawne stwierdzenie.

- c) Gdy wartość orbitalnej liczby kwantowej jest równa $l=2$ to magnetyczna liczba kwantowa m może przyjmować wartości
- 1) -1,0,1
 - 2) -2,-1,0,1,2
 - 3) 0,1,2
 - 4) 1,2,...

Zaznaczyć poprawne stwierdzenie.

- d) Wartość rzutu orbitalnego momentu pędu na oś Oz jest jednoznacznie określona przez wartość
- 1) liczby kwantowej n
 - 2) liczby kwantowej l
 - 3) liczby kwantowej m
 - 4) liczby kwantowej m_s

Zaznaczyć poprawne stwierdzenie.

- 22) Elektron w atomie wodoru znajduje się na podpowłoce 2p. Które z poniższych stwierdzeń są stwierdzeniami prawdziwymi?
- a) Elektron znajduje się w stanie podstawowym o najniższej energii.
 - b) Wartość głównej liczby kwantowej n jest równa 2.
 - c) Wartość orbitalnej liczby kwantowej l jest równa 0.
 - d) Magnetyczna liczba kwantowa m może przyjmować jedną z poniższych wartości: -1, 0, 1

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- 23) Elektron w atomie wodoru znajduje się na podpowłoce 1s. Które z poniższych stwierdzeń są stwierdzeniami prawdziwymi?
- a) Elektron znajduje się w stanie podstawowym o najniższej energii.
 - b) Wartość orbitalnej liczby kwantowej l jest równa 0.
 - c) Rzut momentu pędu elektronu na oś Oz jest równy \hbar .
 - d) Magnetyczna liczba kwantowa m może przyjmować jedną z poniższych wartości: -2, -1, 0, 1, 2.

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- 24) Które z poniższych twierdzeń dotyczących własności potencjału efektywnego opisującego efektywnie oddziaływanie elektronu z jądrem i pozostałymi elektronami w atomie wieloelektronowym o liczbie atomowej $Z \gg 1$ są poprawne? Przy określaniu potencjału uwzględnić fakt iż może on przyjmować wartości ujemne czyli $-30 \text{ eV} < -20 \text{ eV}$.
- a) Potencjał efektywny w bliskiej odległości od jądra jest mniejszy od potencjału w atomie wodoru.
 - b) Potencjał efektywny w odległości od jądra r takiej iż $r \rightarrow 0$ przyjmuje wartości zbliżone do potencjału występującego w atomie wodoru.
 - c) Potencjał efektywny w odległości od jądra r takiej iż $r \rightarrow \infty$ przyjmuje wartości zbliżone do potencjału występującego w atomie wodoru.
 - d) Potencjał efektywny jest odwrotnie proporcjonalny do odległości od jądra punktu w którym go określamy.

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia

- 25) Które z poniższych stwierdzeń dotyczących energii elektronów w atomach wieloelektronowych są prawdziwe? Przy określaniu energii elektronów uwzględnić fakt iż energia ta jest ujemna.
- a) Energia elektronów zajmujących stany na podpowłoce 4s (o głównej liczbie kwantowej $n=4$ i orbitalnej liczbie kwantowej $l=0$) jest zawsze wyższa od energii elektronów na podpowłoce 3d (o głównej liczbie kwantowej $n=3$ i orbitalnej liczbie kwantowej $l=2$).
 - b) Energia elektronów zajmujących stany na podpowłoce 3p (o głównej liczbie kwantowej $n=3$ i orbitalnej liczbie kwantowej $l=1$) jest wyższa od energii elektronów na podpowłoce 3s (o głównej liczbie kwantowej $n=3$ i orbitalnej liczbie kwantowej $l=0$).
 - c) Energia elektronów zajmujących stany na podpowłoce 3s (o głównej liczbie kwantowej $n=3$ i orbitalnej liczbie kwantowej $l=0$) jest zawsze wyższa od energii elektronów na podpowłoce 2s (o głównej liczbie kwantowej $n=2$ i orbitalnej liczbie kwantowej $l=0$).
 - d) Zjawisko ekranowania ładunku jądra przez elektrony ma większe znaczenie przy określaniu energii elektronów zajmujących stany na powłoce o głównej liczbie kwantowej $n=1$, niż elektronów zajmujących stany na powłoce o głównej liczbie kwantowej $n=5$.

Zaznaczyć wszystkie poprawne stwierdzenia.

- 26) W wyniku której z poniższych przemian promieniotwórczych następuje emisja pozytonu z jądra?
- a) przemiany α
 - b) przemiany β^-
 - c) przemiany β^+
 - d) przemiany γ

Zaznaczyć 1 poprawną odpowiedź.

- 27) Dla jądra którego z poniższych pierwiastków energia wiązania przypadająca na 1 nukleon jest największa?
- a) lit ($Z=3$)
 - b) żelazo ($Z=26$)
 - c) uran ($Z=92$)
 - d) neptun ($Z=93$)

Zaznaczyć 1 poprawną odpowiedź.

- 28) W jakich przemianach promieniotwórczych liczba nukleonów w jądrze po przemianie jest równa licznie liczbie nukleonów w jądrze przed przemianą? **Zaznaczyć wszystkie takie przemiany spośród przemian podanych poniżej**
- a) przemiana α
 - b) przemiana β^-
 - c) przemiana β^+
 - d) przemiana γ
- 29) W skład których z poniższych cząstek wchodzi kwarki ?
- a) protonów
 - b) neutronów
 - c) elektronów
 - d) fotonów

Zaznaczyć wszystkie poprawne odpowiedzi spośród podanych powyżej.

30) Elektron jest cząstką będącą

- a) leptonem
- b) kwarkiem
- c) fermionem
- d) bozonem

Zaznaczyć wszystkie poprawne odpowiedzi spośród podanych powyżej.

Michał Wilczyński