

## **Pytania na egzamin z fizyki cząstek elementarnych**

Egzamin będzie pisemny, czas trwania 90 min., 3 pytania (po jednym z każdej grupy) wylosowane z poniższej listy. Źródło: skrypty WF, KGB, WB, oraz wykład WB w ramach programu Erasmus – proszę wybrać odpowiednie fragmenty

### **1: PODSTAWY**

1. W jakich dwóch znaczeniach używa się terminu *cząstka elementarna*?
2. Wymień *cząstki fundamentalne* występujące w *Modelu Standardowym*, wymień *rodziny* cząstek.
3. Podaj liczby kwantowe *kwarków* i *leptonów*. W szczególności wymień wszystkie znane typy *kwarków* (podaj nazwy, wartości ładunków elektrycznych i innych liczb kwantowych). Skąd się wzięła nazwa „kwark”? Wymień cząstki należące do grupy *leptonów*.
4. Które *bozony pośredniczące* mają niezerową masę, a które są bezmasowe? Jak masa bozonu pośredniczącego wpływa na zasięg oddziaływania? Który z bozonów Modelu Standardowego nie został jeszcze odkryty eksperymentalnie?
5. Ile znamy *oddziaływań podstawowych*? Wymień ich podstawowe cechy (zasięg, stała sprzężenia). Co to jest *masa Plancka*?
6. Czym się różnią *fermiony od bozonów*? Które cząstki fundamentalne są bozonami, jaki jest ich spin? Jak brzmi *tw. o spinie i statystyce*?
7. Czym jest *antycząstka*, jakie ma liczby kwantowe i masę w porównaniu do cząstki.
8. Jak w modelu kwarków zbudowane są *mezony i bariony*? Podaj przykłady.
9. Co to są *hiperony*? Podać przykłady ich rozpadu i skład kwarkowy.
10. Sformułować prawa zachowania liczby barionowej, leptonowej i dziwności. Które oddziaływania łamią dziwność, a które ją zachowują?
11. Czym jest ładunek kolorowy? Jakie cząstki niosą ładunek kolorowy? Co to jest uwięzienie koloru i dlaczego jest konieczne?
12. Co to jest asymptotyczna swoboda i koncepcja partonów?

### **2: HISTORIA, AKCELERATORY I DETEKTORY**

13. Wymienić *odkrywców oraz daty odkrycia*: elektronu, pozytonu, neutronu, pionu, oraz promieniowania kosmicznego.
14. Czyje badania doprowadziły do wprowadzenia koncepcji *fotonu* jako cząstki elementarnej?
15. Czyje badania doprowadziły do odkrycia *protonu*?
16. Wymiana jakich cząstek jest głównie odpowiedzialna za przyciąganie się dwóch *nukleonów*?
17. Kto i kiedy wysnuł hipotezę istnienia *neutrino elektronowego* jako nowej cząstki elementarnej? Co było powodem wysunięcia tej hipotezy?
18. Kto i kiedy wysnuł hipotezę istnienia *kwantów pola sił jądrowych*?
19. Kto zaproponował kwarki, kolor, Model Standardowy?
20. Podać klasyfikację *akceleratorów*, opisz jeden wybrany typ akceleratora.
21. Omówić zasadę działania *cyklotronu*.
22. Do jakich najwyższych energii przyspieszane są obecnie *protony* i na jakim akceleratorze? Do jakich najwyższych energii przyspieszane są obecnie ciężkie *jądra atomowe* i na jakim akceleratorze?

23. Jaki główny cel badawczy przyświeca budowie akceleratora LHC (Large Hadron Collider) w CERNie?
24. Na jakiej zasadzie działa komora Wilsona i komora pęcherzykowa?
25. Na jakiej zasadzie działa detektor Czerenkowa?

### 3: SYMETRIE i TEORIA POLA

26. Podaj definicję grupy Lorentza. Podaj klasyfikacje przekształceń Lorentza. Co to jest właściwa i ortochroniczna grupa Lorentza? Ile ma niezależnych parametrów?
27. Podaj postać tensora metrycznego w przestrzeni Minkowskiego oraz przykłady wektorów kowariantnych i kontrawariantnych.
28. Jak są zdefiniowane generatory właściwej ortochronicznej grupy Lorentza? Jakie jest ich fizyczne znaczenie?
29. Jak zdefiniowane są operacje odbicia przestrzennego i inwersji czasowej? Czym jest parzystość? Jakie przyjmuje wartości?
30. Podaj algebrę generatorów (algebrę Liego) dla grupy obrotów? Jaka strukturę mają multiplety grupy obrotów? (mechanika kwantowa!)
31. Czy parzystość jest zachowana w procesach fizycznych?
32. Co to jest sprzężenie ładunkowe cząstki? Co to jest parzystość G?
33. Na czym polegają symetrie CP i CPT? Czy są one zachowane w procesach fizycznych.
34. Co to jest izospin? Czym są multiplety izospinowe? Co jest powodem grupowania się hadronów w multiplety izospinowe?
35. Co to jest hiperładunek, jak wiąże się z ładunkiem elektrycznym i izospinem, a jak z dziwnością i liczbą barionową? Podaj wzór Gell-Manna-Nishijimy.
36. Jaka postać ma multiplet barionów zawierający proton i neutron, multiplet mezonów zawierający piony, oraz multiplet barionów zawierający rezonans Delta(1232)?
37. Napisz równanie Diraca i wyjaśnij występujące w nim symbole. Jakie cząstki opisuje to równanie? Ile składowych ma pole Diraca? Jaki związek spełniają macierze Diraca?
38. Jak transformuje się spinor Diraca pod wpływem właściwej ortochronicznej transformacji Lorentza?
39. Napisz Lagranżjan dla neutralnego pola skalarnego. Opisz występujące w nim człony. Wyprowadź równanie Eulera-Lagrange'a dla tego pola. Napisz Lagranżjan dla pola Diraca.
40. Wyjaśnij, na czym polega kwantowanie pola swobodnego. Jak kwantujemy bozony a jak fermiony? Co to jest mikroprzyczynowość?
41. Podaj tw. Noether dla teorii pola. Zdefiniuj prąd Noether. Podaj przykłady symetrii i wynikających zeń praw zachowania.
42. Jakie globalne symetrie dokładne, a jakie przybliżone ale bardzo dobre posiada chromodynamika kwantowa (QCD)?
43. Co to jest spontaniczne łamanie symetrii? Sformułuj tw. Goldstone'a.
44. Co to jest symetria chiralna? Co to jest faza Nambu-Goldstone'a i Wignera? W jakiej fazie symetrii chiralnej żyjemy?
45. Co to jest symetria cechowania (lokalna) abelowa i nieabelowa. Napisz Lagranżjan pola Yanga-Millsa.
46. Opisz, jak skonstruowany jest Model Standardowy. Na jakiej grupie symetrii jest oparty? Napisz kilka członów Lagranżjanu Modelu Standardowego.
47. Przedstaw mechanizm Higgsa, w szczególności w jaki sposób przydaje on cząstkom masę.