

№4566

**53
В 748**

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКЕ

**КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА,
СТАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Методическое пособие

**НОВОСИБИРСК
2016**

Министерство образования и науки Российской Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

53

№ 4566

В 748

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКЕ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА,
СТАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Методическое пособие для студентов I и II курсов
всех специальностей

НОВОСИБИРСК
2016

УДК 53(07)
В 748

Составители:

А.В. Баранов, В.В. Давыдков, В.В. Христофоров

Рецензент *С.А. Стрельцов*

Работа подготовлена на кафедре общей физики

ВВЕДЕНИЕ

При изучении нового раздела какого-либо учебного предмета, в том числе и курса общей физики, у студентов может возникнуть вопрос: а всё ли я выучил? Не пропустил ли случайно что-либо?

Настоящее методическое пособие разработано как раз для помощи студентам в таких ситуациях. Оно содержит вопросы для самоконтроля, которые могут помочь выявить пробелы в изученном материале и устранить их.

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

1. Что такое тепловое излучение?
2. За счёт чего испускается тепловое излучение?
3. В каком интервале длин волн испускается тепловое излучение?
4. Как температура тела влияет на тепловое излучение?
5. Что такое испускательная способность тела? Напишите определение этой характеристики. Назовите входящие в него величины.
6. Что такое поглощательная способность тела? Напишите определение этой характеристики. Назовите входящие в него величины.
7. Что такое энергетическая светимость тела? Напишите выражение, связывающее энергетическую светимость и испускательную способность тела.
8. Что такое абсолютно чёрное тело (ачт)?
9. Что такое серое тело?
10. Как соотносятся испускательные способности ачт и обычного (серого) тела?
11. Напишите закон Кирхгофа для теплового излучения. Назовите входящие в него величины.
12. Напишите закон Стефана–Больцмана. Назовите входящие в него величины.
13. Напишите закон смещения Вина. Назовите входящие в него величины.

14. Напишите формулу Рэля–Джинса. Назовите входящие в неё величины. В чём заключается её недостаток?
15. Что такое квант излучения? Чему равна его энергия?
16. Напишите формулу Планка. Назовите входящие в неё величины.

ЯВЛЕНИЕ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА

17. В чём заключается явление внешнего фотоэффекта?
18. Изобразите схему вакуумного фотоэлемента, использованного А.Г. Столетовым для исследования фотоэффекта.
19. Почему окно для освещения катода фотоэлемента Столетова было изготовлено из кварца?
20. Каков знак заряда частиц, вырываемых из вещества при внешнем фотоэффекте?
21. Какие частицы вырываются из вещества при внешнем фотоэффекте?
22. Как влияет интенсивность света на количество вырываемых из вещества электронов?
23. Как изменяется сила тока, текущего через вакуумный фотоэлемент Столетова, при увеличении разности потенциалов между катодом и анодом?
24. Как называется максимальное значение силы тока в вакуумном фотоэлементе Столетова?
25. Что такое ток насыщения вакуумного фотоэлемента?
26. От чего зависит значение тока насыщения?
27. Что такое работа выхода электрона из вещества?
28. От чего зависит работа выхода?
29. Как зависит максимальная кинетическая энергия электронов от интенсивности света, падающего на фотокатод?
30. Как зависит максимальная кинетическая энергия электронов от частоты света, падающего на фотокатод?
31. Что такое красная граница фотоэффекта?
32. Чем объясняется существование красной границы фотоэффекта?
33. При каких длинах волн свет вызывает явление внешнего фотоэффекта?
34. В каком виде (в виде электромагнитной волны или в виде порции энергии) поглощается энергия света, падающего на вещество?
35. Чему равна энергия порции света, поглощаемого при фотоэффекте?

36. Напишите уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Какие величины входят в это уравнение?

37. Почему не все вырванные из вещества электроны имеют максимальную кинетическую энергию?

38. Чем объясняется рост фототока с увеличением интенсивности света?

39. Как изменяется максимальная энергия фотоэлектронов с увеличением длины волны падающего света?

40. Чему равна длина волны падающего излучения, соответствующая красной границе фотоэффекта?

41. Что такое запирающее напряжение вакуумного фотоэлемента?

42. Как связаны между собой запирающее напряжение и максимальная кинетическая энергия электронов в вакуумном фотоэлементе?

43. Как изменится вольт-амперная характеристика вакуумного фотоэлемента при увеличении интенсивности падающего на катод света и при постоянной частоте падающего излучения?

44. Как изменится вольт-амперная характеристика вакуумного фотоэлемента при увеличении частоты падающего на катод света и при постоянной интенсивности падающего излучения?

45. Как изменится вольт-амперная характеристика вакуумного фотоэлемента при увеличении работы выхода электронов?

ФОТОНЫ. СВОЙСТВА ФОТОНОВ

46. Что такое фотон? Чему равна его энергия?

47. Напишите выражение для расчёта импульса фотона. Назовите входящие в него величины.

48. Напишите выражение, связывающее импульс фотона с волновым вектором. Назовите входящие в него величины. Поясните, как соотносятся направление распространения световой волны с направлением скорости фотона.

49. В чём заключается двойственность природы электромагнитного излучения?

50. В каких явлениях проявляет себя волновая природа света?

51. В каких явлениях проявляет себя корпускулярная природа света?

ГИПОТЕЗА ДЕ БРОЙЛЯ. КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ

52. В чём заключается суть гипотезы де Бройля?
53. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
54. Напишите выражение для расчёта длины волны движущейся частицы. Назовите входящие в него величины.
55. Напишите выражение, связывающее полную энергию частицы с её частотой. Назовите входящие в него величины.
56. В каких явлениях проявляются волновые свойства вещества?
57. Что такое волновая функция?
58. В чём, по современным представлениям, заключается физический (статистический) смысл волновой функции?
59. Напишите выражение для расчёта вероятности нахождения частицы в элементарном объёме dV . Назовите входящие в него величины.
60. Напишите выражение для расчёта фазовой скорости частицы. Назовите входящие в него величины.
61. Как соотносятся между собой скорость движения материальной частицы и её фазовая скорость?
62. Напишите выражение для расчёта групповой скорости частицы. Назовите входящие в него величины.
63. Как соотносятся между собой скорость движения материальной частицы и её групповая скорость?

СООТНОШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЕЙ

64. Напишите выражение соотношения неопределённостей для координаты и импульса материальной частицы. Назовите входящие в него величины.
65. В чём заключается физический смысл соотношения неопределённостей для координаты и импульса материальной частицы?
66. Можно ли абсолютно точно измерить координату или импульс частицы? Как это повлияет на неопределённость второй сопряжённой величины?
67. Напишите выражение соотношения неопределённостей для энергии материальной частицы и времени. Назовите входящие в него величины.
68. В чём заключается физический смысл соотношения неопределённостей для энергии материальной частицы и времени?

АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ

69. Как определить состав атома, пользуясь периодической таблицей элементов?

70. Как выглядит стационарное уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода?

71. Какие квантовые числа определяют состояние электрона в атоме водорода?

72. Какую физическую величину определяет главное квантовое число в атоме водорода?

73. Какие значения может принимать главное квантовое число?

74. Как выглядит выражение для полной энергии электрона в атоме водорода?

75. Почему полная энергия электрона в атоме водорода – величина отрицательная?

76. Что такое энергия ионизации атома водорода?

77. Чему равна энергия ионизации атома водорода?

78. Как энергию электрона, выраженную в электронвольтах, перевести в джоули?

79. Какую физическую величину определяет орбитальное квантовое число в атоме водорода?

80. Какие значения может принимать орбитальное квантовое число?

81. Каким максимальным значением и почему ограничена величина орбитального квантового числа в атоме водорода?

82. Как орбитальный механический момент электрона в атоме водорода связан с орбитальным квантовым числом?

83. Какую физическую величину определяет магнитное орбитальное квантовое число в атоме водорода?

84. Какие значения может принимать магнитное орбитальное квантовое число?

85. Каким максимальным значением и почему ограничена величина магнитного орбитального квантового числа в атоме водорода?

86. Как проекция орбитального механического момента электрона в атоме водорода связана с магнитным орбитальным квантовым числом?

87. Какую физическую величину определяет спиновое квантовое число электрона?

88. Как собственный механический момент электрона связан со спиновым квантовым числом?

89. Какую физическую величину определяет магнитное спиновое квантовое число электрона в атоме водорода?

90. Какие значения может принимать магнитное спиновое квантовое число электрона?

91. Как проекция собственного механического момента электрона связана со спиновым квантовым числом?

92. Что означают выражения «спин вверх» и «спин вниз»?

93. Какое состояние электрона в атоме водорода называется основным и почему?

94. Какие состояния электрона в атоме водорода называются возбужденными и почему?

95. Как в сферических координатах может быть представлена координатная волновая функция электрона в атоме водорода?

96. Какое значение принимает орбитальное квантовое число для s состояний электрона в атоме водорода?

97. Что характерно для волновых функций s состояний электрона в атоме водорода?

98. Какие характерные изменения происходят с волновыми функциями s состояний электрона в атоме водорода при увеличении значения главного квантового числа?

99. Какие характерные изменения происходят с волновыми функциями состояний электрона в атоме водорода при увеличении значения орбитального квантового числа?

100. Что такое энергетический уровень электрона в атоме?

101. Какие энергетические уровни называются вырожденными?

102. Что такое кратность вырождения энергетического уровня?

103. Как определяется кратность вырождения энергетических уровней электрона в атоме водорода (в электростатическом приближении)?

104. За счет каких процессов электрон может изменять свое состояние (переходить из одного состояния в другое) в атоме водорода?

105. Что такое излучательный переход электрона из одного состояния в другое?

106. Как записывается закон сохранения энергии для излучательного перехода электрона в атоме?

107. Какой закон сохранения кроме закона сохранения энергии выполняется для излучательного перехода электрона и определяет разрешенные переходы между состояниями?

108. Как записывается закон сохранения момента импульса для излучательного перехода электрона?

109. Почему в атоме водорода запрещены излучательные переходы электрона без изменения орбитального квантового числа?
110. Что такое спектральная серия для излучательных переходов электрона?
111. Как определяются частоты излучения для спектральных серий атома водорода?
112. Что такое постоянная Ридберга?
113. С чем связана тонкая структура спектров атома водорода?
114. Что такое водородоподобная система?
115. Как определяются частоты излучения для спектральных серий водородоподобных систем?
116. В чем заключается принцип запрета Паули?
117. Каким принципам подчиняется последовательность заполнения электронами энергетических состояний в многоэлектронных атомах?
118. Чем объясняется периодическое повторение значения валентности у разных химических элементов таблицы Менделеева?
119. Каков механизм образования ковалентной связи при образовании молекул?
120. Каков механизм образования ионной связи при образовании молекул?
121. Чем с энергетической точки зрения характеризуется появление связывающего состояния при образовании молекул?
122. Как выглядит закон квантования энергии колебательных состояний молекулы?
123. Как выглядит закон квантования энергии вращательных состояний молекулы?
124. Какие различают типы молекулярных спектров?
125. Как определяются частоты излучения для вращательных переходов молекулы?
126. Как выглядит правило отбора для излучательных вращательных переходов молекулы?
127. Чему равна разность частот для соседних линий вращательных переходов молекулы?
128. Как определяются частоты излучения для колебательно-вращательных переходов молекулы?
129. Как определяются частоты излучения для электронно-колебательных переходов молекулы?

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

130. Что такое макросистема? Приведите примеры.
131. Что является предметом статистической физики?
132. Сколько молекул в двух граммах водорода? Можно ли считать такое количество водорода макросистемой?
133. Почему для описания системы многих частиц используется статистический подход?
134. Приведите примеры параметров состояния, которые характеризуют макросистему в целом.
135. Что называют макросостоянием макросистемы?
136. Что называется микросостоянием макросистемы?
137. Что такое доступные микросостояния макросистемы?
138. Что называют статистическим весом (термодинамической вероятностью) Ω данного макросостояния?
139. Что называют равновесным состоянием макросистемы?
140. Что такое флуктуации?
141. Каков статистический вес равновесного состояния?
142. Что такое необратимый процесс? Приведите пример такого процесса.
143. Что называется равновесным (квазиравновесным) процессом?
144. Как выражается энтропия S некоторого макросостояния через статистический вес (степень вырождения) Ω этого макросостояния?
145. В чем преимущество энтропии S , как характеристики макросостояния системы, перед статистическим весом Ω ?
146. Каков смысл утверждения, что S – аддитивная величина?
147. Каков смысл утверждения, что статистический вес макросостояния Ω – величина мультипликативная?
148. Какими свойствами обладает энтропия S ?
149. Как формулируется закон возрастания энтропии?
150. К какому значению стремится энтропия при $T \rightarrow 0$?
151. Что такое внутренняя энергия системы (тела) U ?
152. Как изменяется энтропия системы с ростом её внутренней энергии?
153. Дайте определение термодинамической температуры T , верное как для квантовой, так и классической области энергетических состояний.
154. Какой физический смысл имеет термодинамическая температура T в классической области энергетических состояний?

155. Что такое тепловой контакт?
156. При каком условии наступает термодинамическое равновесие при тепловом контакте частей изолированного тела?
157. Что такое теплообмен?
158. Что такое количество теплоты Q ?
159. Какие виды теплообмена существуют?
160. В каком направлении происходит теплообмен между частями изолированного тела?
161. Что такое диффузионный контакт частей тела?
162. При каком условии наступает термодинамическое равновесие при диффузионном и одновременно тепловом контакте частей изолированного тела?
163. Что такое химический потенциал μ ?
164. Куда направлен поток частиц в процессе установления термодинамического равновесия при диффузионном и одновременно тепловом контакте частей изолированного тела?
165. Что такое давление P ?
166. Что такое механический контакт частей тела?
167. При каком условии наступает термодинамическое равновесие при механическом и одновременно тепловом контакте частей изолированного тела?
168. Запишите термодинамическое тождество для части тела, которая находится одновременно в тепловом, диффузионном и механическом контакте с другими частями.
169. Что такое фактор Больцмана?
170. Что такое фактор Гиббса?
171. Чему количественно равно отношение вероятностей обнаружить систему в двух разных состояниях?
172. Что можно определить с помощью распределения Гиббса? Как выглядит это распределение?
173. Что такое абсолютная (химическая) активность λ ? Запишите выражение для распределения Гиббса, используя λ .
174. Что такое большая статистическая сумма?
175. Как определить среднее значение любой характеристики макросистемы с помощью вероятности этого состояния?
176. Что такое фермионы и бозоны? Приведите примеры этих частиц.
177. Что позволяет определить распределение Ферми–Дирака? Как выглядит это распределение?

178. Что позволяет определить распределение Бозе–Эйнштейна? Как выглядит это распределение?

179. Что такое классическое распределение? Как выглядит описывающее его выражение?

180. При каком условии квантовые функции распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна переходят в классическое распределение?

181. Какое число различных энергетических состояний $dN(\varepsilon)$ соответствует узкому диапазону энергий от ε до $\varepsilon + d\varepsilon$? Считайте, что объём, занимаемый идеальным квантовым газом, равен V , а масса частицы m .

182. Что позволяет определить функция распределения молекул идеального классического газа по скоростям (функция распределения Максвелла)? Как выглядит это распределение?

183. Назовите характерные значения скорости движения молекул идеального классического газа. Запишите формулы для расчета этих скоростей.

184. Как химический потенциал μ классического идеального газа связан с концентрацией n его молекул?

185. Что такое квантовый объём V_Q ? Каков физический смысл V_Q ?

186. Что позволяет определить барометрическая формула? Запишите её.

187. Что такое степени свободы молекулы?

188. Какие типы степеней свободы может иметь молекула?

189. Что утверждает закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекулы?

190. Почему на каждую колебательную степень свободы молекулы приходится в среднем энергия, равная kT ?

191. Как определить внутреннюю энергию U идеального классического газа, зная число степеней свободы его молекул?

192. Как выразить энтропию S идеального классического газа через концентрацию n его молекул?

193. Напишите уравнение состояния идеального классического газа. Назовите входящие в него величины, поясните их физический смысл.

194. Что такое теплоёмкость тела, молярная теплоёмкость вещества, удельная теплоёмкость вещества? Как они связаны друг с другом?

195. Как выразить молярную теплоёмкость идеального классического газа при постоянном объёме c_V и при постоянном давлении c_P через число степеней свободы $i_{\text{общ}}$ молекул этого газа?

196. Как связаны молярные теплоёмкости c_p и c_v идеального классического газа друг с другом?

197. Что такое изопроцессы?

198. Что такое изотермический квазиравновесный процесс? Если такой процесс совершает определённое количество идеального классического газа, то какой вид приобретают уравнение процесса, первое начало термодинамики и выражение для расчета работы газа?

199. Что такое изохорический квазиравновесный процесс? Если такой процесс совершает определённое количество идеального классического газа, то какой вид приобретают уравнение процесса, первое начало термодинамики и выражение для расчета работы газа?

200. Что такое изобарический квазиравновесный процесс? Если такой процесс совершает определённое количество идеального классического газа, то какой вид приобретают уравнение процесса, первое начало термодинамики и выражение для расчета работы газа?

201. Что такое адиабатический квазиравновесный процесс? Если такой процесс совершает определённое количество идеального классического газа, то какой вид приобретают уравнение процесса, первое начало термодинамики и выражение для расчета работы газа?

202. Какой параметр состояния постоянен при адиабатическом квазиравновесном процессе?

203. Как показатель адиабаты γ идеального классического газа выражается через теплоёмкости и число степеней свободы молекул этого газа?

204. Что такое тепловая машина? Как определить КПД тепловой машины?

205. Из каких процессов состоит цикл Карно? Как определить КПД этого цикла?

206. Изобразите графики цикла Карно в осях PV и ST .

207. Может ли любая реальная тепловая машина, работающая при заданных температурах нагревателя T_H и охладителя T_X , иметь больший КПД, чем цикл Карно, работающий при таких же температурах T_H и T_X ?

208. Что такое тепловое излучение? Какие виды излучения электромагнитных волн существуют кроме теплового?

209. Может ли тепловое излучение находиться в термодинамическом равновесии с телами, которые обмениваются этим излучением?

210. К какому типу частиц относятся фотоны?
211. Чему равна энергия ϵ_{Φ} и химический потенциал μ_{Φ} фотонного газа в равновесном состоянии?
212. Почему химический потенциал μ_{Φ} фотонного газа в равновесном состоянии равен нулю?
213. Какой вид имеет распределение Бозе–Эйнштейна для фотонного равновесного газа?
214. Как найти число различных квантовых состояний фотона $dN(\omega)$ для узкого диапазона циклических частот от ω до $\omega + d\omega$?
215. Как зависит объёмная плотность энергии $\omega_{\text{ЭН}}$ равновесного теплового излучения от температуры T ?
216. Запишите выражение для спектральной плотности энергии $E(\omega, T)$ равновесного теплового излучения.
217. Что такое энергетическая светимость R_T тела?
218. Что такое испускательная способность тела $r_{\omega, T}$? Как, зная эту функцию, определить энергетическую светимость R_T тела при температуре T ?
219. Что такое поглощательная способность $\alpha_{\omega, T}$ тела?
220. Что такое абсолютно черное тело? Что является хорошей моделью такого тела?
221. От чего зависит цвет абсолютно черного тела?
222. Какого цвета абсолютно черное тело?
223. Сформулируйте закон теплового излучения Кирхгофа.
224. Запишите выражение для функции Кирхгофа $f(\omega, T)$.
225. Как найти испускательную способность $r_{\omega, T}^*$ абсолютно черного тела, зная функцию Кирхгофа $f(\omega, T)$?
226. Сформулируйте закон Стефана–Больцмана для теплового излучения.
227. Сформулируйте закон смещения Вина.
228. Что такое $\lambda_{\text{макс}}$ в законе смещения Вина?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Тепловое излучение	3
Явление внешнего фотоэффекта.....	4
Фотоны. Свойства фотонов.....	5
Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм	6
Соотношение неопределённостей	6
Атомы и молекулы.....	7
Статистическая физика.....	10

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ
ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКЕ**

**КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА,
СТАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Методическое пособие

Редактор *И.Л. Кескевич*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Корректор *И.Е. Семенова*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 18.02.2016. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 200 экз.
Уч.-изд. л. 0,93. Печ. л. 1,0. Изд. № 290/15. Заказ № Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20