

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА АТОМНЫХ ЯДЕР

Атомная единица массы: $1 \text{ а.е.м.} = 1,660531 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$

атомной единице массы соответствует атомная единица энергии ($1 \text{ а.е.э.} = 1 \text{ а.е.м.} \cdot c^2$)

$1 \text{ а.е.э.} = 931,48 \text{ МэВ}$ $m_p = 938,254 \text{ МэВ}$ $m_n = 939,56 \text{ МэВ}$ $m_e = 0,511 \text{ МэВ}$

1. При соударении α – частиц с ядром ${}^{10}_5\text{B}$ произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось два новых ядра. Одним из этих ядер было ядро атома водорода ${}^1_1\text{H}$. Определите второе ядро. Запишите схему ядерной реакции и определите ее энергию.

2. Определите энергию связи, дефект массы и удельную энергию связи ядра ${}^4_2\text{He}$, если масса ядра ${}^4_2\text{He}$ равна 4,00260 а.е.м.

3. Определите дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи для ядра ${}^7_3\text{Li}$, если масса атома лития $m = 7,016 \text{ а. е. м.}$

4. Найдите энергию, выделяющуюся при следующих термоядерных реакциях:



5. Найдите энергию связи ядер: 1) ${}^3_1\text{H}$; 2) ${}^3_2\text{He}$. Какое из этих ядер более устойчиво?

6. Какую минимальную энергию должен иметь фотон, чтобы расщепить α –частицу на ядро ${}^3_2\text{He}$ и нейтрон?

7. Массы нейтральных атомов в а.е.м.: ${}^{16}_8\text{O} - 15,9949145$, ${}^{15}_8\text{O} - 15,00306609$, ${}^{15}_7\text{N} - 15,00010843$. Чему равны энергии отделения нейтрона и протона в ядре ${}^{16}_8\text{O}$?

8. Найдите энергию связи ядра дейтерия.

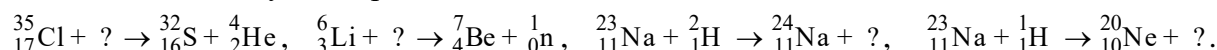
9. Найдите энергию, высвобождающуюся при ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$.

10. Найдите энергию, поглощенную при реакции ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$.

11. Найдите энергию, выделяющуюся при ядерных реакциях:



12. Допишите следующие реакции:



13. Является ли реакция ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ эндотермической или экзотермической?

Даны удельные энергии связи ядер в МэВ: $\varepsilon({}^2_1\text{H}) = 1,11$; $\varepsilon({}^4_2\text{He}) = 7,08$; $\varepsilon({}^6_3\text{Li}) = 5,33$.

14. Определите массу ядра дейтерия в энергетических единицах, если энергия связи дейтрона 2,2 МэВ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2 РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД

15. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного иода ^{131}I в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ^{131}I равен 193 часам.
16. Определить энергию W , выделяемую 1 мг препарата ^{210}Po за время, равное среднему времени жизни, если при одном акте распада выделяется энергия $E = 5.4$ МэВ.
17. В результате α -распада радий ^{226}Ra превращается в радон ^{222}Rn . Какой объем радона при нормальных условиях будет находиться в равновесии с 1 г радия? Период полураспада ^{226}Ra $T_{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1600$ лет, период полураспада радона $T_{1/2}(^{222}\text{Rn}) = 3,82$ дня.
18. Активность препарата ^{32}P равна 2 мкКи. Какая масса такого препарата? Период полураспада ^{32}P 14,5 суток.
19. В естественной смеси изотопов урана 99,27% ^{238}U и 0,72% ^{235}U . Оба изотопа подвержены α -распаду. Каков возраст вещества Солнечной системы, если при ее образовании оба изотопа присутствовали в равных количествах? Какой процент ^{238}U распался с момента образования земной коры (2,5 млрд лет) ?
20. Какое количество ядер ^{235}U должно делиться в 1 сек для получения мощности в 1 Вт? Какая масса урана-235 делится в секунду в ядерном реакторе мощностью 1000 МВт?
21. Даны избытки масс атомов $\Delta(^{114}\text{Cd}) = -90.021$ МэВ, $\Delta(^{114}\text{In}) = -88.379$ МэВ и $\Delta(^{114}\text{Sn}) = -90.558$ МэВ. Определить возможные виды β -распада ядра ^{114}In .
22. Определить верхнюю границу возраста Земли, считая, что весь имеющийся на Земле ^{40}Ar образовался из ^{40}K в результате e -захвата. В настоящее время на каждые 300 атомов ^{40}Ar приходится один атом ^{40}K .
23. Используя значения масс атомов, определить верхнюю границу спектра позитронов, испускаемых при β^+ -распаде ядра ^{27}Si . $M_{\text{ат}}(^{27}\text{Si}) = 25137,961$ МэВ, $M_{\text{ат}}(^{27}\text{Al}) = 25133,150$ МэВ.
24. Определить энергию отдачи ядра ^7Li , образующегося при e -захвате в ядре ^7Be . Даны энергии связи ядер - $W(^7\text{Be}) = 37,6$ МэВ, $W(^7\text{Li}) = 39,3$ МэВ.
25. Используя формулу Вайцзеккера, получить соотношение для вычисления энергии спонтанного деления на два одинаковых осколка и рассчитать энергию симметричного деления ядра ^{238}U .
26. Рассчитать, какая энергия освобождается при делении 1 г урана.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕЙТРОНОВ С ВЕЩЕСТВОМ

27. Определите угол наиболее эффективного отражения от кристаллической решетки NaCl (период решетки 0,28нм) нейтронов с энергией 0,01 эВ и 1 эВ .

28. В результате облучения бериллия альфа-частицами он превращается в углерод и вылетают нейтроны с энергией 6 МэВ. Сколько актов рассеяния на водороде должны испытать нейтроны, чтобы стать тепловыми?
29. Сечение захвата тепловых нейтронов ядром железа равно 2,5 барн. Оцените длину свободного пробега нейтрона в железе, если плотность железа 7,8 г/см³.
30. Резерфорд наблюдал, что при лобовом столкновении с ядрами атомов меди α -частица с энергией 5 МэВ отлетает назад с энергией 3,9 МэВ. Каково отношение масс ядра меди и α -частицы? Ответ округлите до целого числа.
31. Покоившееся ядро радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ выбросило α -частицу со скоростью $16 \cdot 10^6$ м/с. Какую скорость получило оно вследствие отдачи? Массы протона и нейтрона считать одинаковыми и равными $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Ответ представьте в километрах за секунду и округлите до целого числа.
32. Какой слой чистого ${}^{235}\text{U}$ при облучении тепловыми нейтронами, падающими перпендикулярно поверхности пластинки из урана, дает в среднем один вторичный нейтрон деления на каждый падающий первичный? Плотность урана 18,7 г/см³.
33. Реактор на тепловых нейтронах, в котором делящимся нуклидом является ${}^{235}\text{U}$, работает на постоянном уровне мощности. Найти долю нейтронов, захватываемых без деления ядрами урана и примесей, если доля нейтронов, покидающих активную зону, составляет 10%.
34. Вычислить долю тепловых нейтронов, захват которых ядрами ${}^{233}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$, ${}^{239}\text{Pu}$ сопровождается делением.
35. Найти средние числа вторичных нейтронов деления на один поглощенный тепловой нейтрон ядрами ${}^{233}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$, ${}^{239}\text{Pu}$.
36. Нейтрон испытывает упругое соударение с ядром ${}^4_2\text{He}$ и затем, отразившись, упруго соударяется с другим ядром ${}^4_2\text{He}$. Ядра гелия до соударения были неподвижны. Определите, во сколько раз изменится кинетическая энергия нейтрона после двух соударений. Принять массы нейтрона и протона одинаковыми. Ответ округлите до десятых.
37. Сравните среднее число мгновенных нейтронов деления на один поглощенный тепловой нейтрон в естественном и обогащенном (1,5% ${}^{235}\text{U}$) уране.
38. Какая доля падающего пучка тепловых нейтронов поглотится в листе железа толщиной 1 см? Плотность железа 7,8 г/см³. Сечение захвата тепловых нейтронов ядрами железа 2,5 барн.
39. Какой толщины должен быть слой ${}^{10}\text{B}$, чтобы поглотить 99% падающего пучка тепловых нейтронов? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром ${}^{10}\text{B}$ около 4000 барн. Плотность бора составляет 2,4 г/см³. Насколько возрастет толщина поглотителя, если его сделать из природного бора? Сечение захвата тепловых нейтронов ядром ${}^{11}\text{B}$ равно 50 мбарн.
40. Пучок нейтронов с энергией 0,5 МэВ падает на алюминиевую фольгу толщиной 1 мм. Определите, какая часть нейтронов пучка будет захвачена ядрами фольги, если сечение захвата ядрами ${}^{27}\text{Al}$ нейтронов указанной энергии равно $2 \cdot 10^{-26}$ см². Плотность алюминия 2,7 г/см³.