

УЧЕБНИК ПО ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ ЗА ДЕСЕТИ КЛАС

ЗАДЪЛЖИТЕЛНА ПОДГОТОВКА

ИЗДАТЕЛСТВО “БУЛВЕСТ“

ГЛАВА II. ОТ АТОМА ДО КОСМОСА

18. СПЕКТЪР НА ВОДОРОДНИЯ АТОМ

ЗАД.1.

Спектърът на излъчване на даден химичен елемент се състои от цветни линии, разделени от тъмни ивици. Всеки химичен елемент има свой характерен спектър на излъчване.

Спектърът на поглъщане на даден химичен елемент се състои от тъмни линии върху непрекъснатия спектър.

На светлите линии в спектъра на излъчване съответстват тъмни абсорбционни линии със същата дължина на вълната в спектъра на поглъщане.

ЗАД.2.

Спектърът на поглъщане на дадено вещество е съставен от тъмни ивици, когато това вещество е изградено от молекули.

ЗАД.3.

Дадено: $n = 4, 5, 6$

Търси се: $\lambda = ?$

Използваме формулата на Балмер:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

За зелената светлина при $n = 4$ получаваме:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = R \frac{3}{16}$$

$$\lambda = \frac{16}{3R} = \frac{16}{3 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 486,1 \text{ nm}$$

За синята светлина при $n = 5$ получаваме:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right) = R \frac{21}{100}$$

$$\lambda = \frac{100}{21R} = \frac{100}{21 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 434,1 \text{ nm}$$

За виолетовата светлина при $n = 6$ получаваме:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) = R \frac{8}{36}$$

$$\lambda = \frac{36}{8R} = \frac{36}{8 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 410,2 \text{ nm}$$

ЗАД.4.

За серията на Лайман: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ в ултравиолетовата област:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = R \frac{3}{4}$$

$$\lambda = \frac{4}{3R} = \frac{4}{3 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 121,5 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right) = R \frac{8}{9}$$

$$\lambda = \frac{9}{8R} = \frac{9}{8 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 102,6 \text{ nm}$$

За серията на Пашен в инфрачервената област:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) = R \frac{7}{54}$$

$$\lambda = \frac{54}{7R} = \frac{54}{7 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 703,2 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) = R \frac{16}{225}$$

$$\lambda = \frac{225}{16R} = \frac{225}{16 \cdot 1,097 \cdot 10^7} = 1281,9 \text{ nm}$$

ЗАД.5.

За серията на Лайман: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - 0 \right) = R$$

$$\lambda = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,097 \cdot 10^7} = 91,16 \text{ nm}$$

За серията на Пашен: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - 0 \right) = \frac{R}{9}$$

$$\lambda = \frac{9}{R} = \frac{9}{1,097 \cdot 10^7} = 820,4 \text{ nm}$$

19. КВАНТОВ АТОМЕН МОДЕЛ НА БОР

ЗАД.1.

Моделът на Бор се нарича квантов модел, защото радиусите на стабилните орбити и енергията на електрона се квантуват, т.е. имат само определени стойности.

Разрешените стойности на радиусите са правопропорционални на квадрата на главното квантово число, а разрешените стойности на енергията- обратнопропорционални на квадрата на главното квантово число.

Атомът на водорода излъчва фотон, когато електронът прескача от орбита с по- голяма енергия в по- ниска орбита. А когато атомът погълне фотон с енергия, равна на разликата от двете нива, електронът преминава от орбита с по- ниска енергия в по- висока орбита.

ЗАД.2.

Дадено: $n = 1$;
 $n = 3$

Търси се: ще погълне или ще излъчи фотон при този преход този атом?

При преминаване от по- долна на по- горна орбита атомът ще погълне фотон с енергия:

$$h\nu = E_3 - E_1 = -1,51 - (-13,6) = -1,51 + 13,6 = 12,09\text{eV}$$

ЗАД.3.

За серията на Лайман:

$$h\nu = E_2 - E_1 = -3,40 - (-13,6) = -3,40 + 13,6 = 10,2\text{eV}$$

За серията на Балмер:

$$h\nu = E_3 - E_2 = -1,51 - (-3,40) = -1,51 + 3,40 = 1,89\text{eV}$$

$$h\nu = E_4 - E_2 = -0,85 - (-3,40) = -0,85 + 3,40 = 2,55\text{eV}$$

ЗАД.4.

Когато водородният атом излъчи фотон, съответстващ на серията на Балмер, той преминава от по- горна орбита на втората орбита с енергия $-3,40\text{ eV}$. Тъй като електронът е все още във възбудено състояние, то той ще премине в основно състояние с енергия $-13,6\text{ eV}$ като излъчи още един фотон, но от серията на Лайман.

ЗАД.5.

Дадено: $n = 4$

Търси се: колко спектрални линии ще се получат?

$$N = 1 + 2 + 3 + \dots + n(n-1) = n \cdot (n-1) / 2$$

$$N = (4 \cdot 3) / 2 = 6$$

ЗАД.6.

Енергията на йонизация е равна на минималната работа, която трябва да извърши външна сила, за да се отдели електронът от атома. Когато електронът се намира в основно състояние, той притежава енергия $-13,6\text{ eV}$. Затова енергията за йонизация е $13,6\text{ eV}$.

20. АТОМНИ ПРЕХОДИ. ЛАЗЕРИ

НЯМА ЗАДАЧИ

21. АТОМНО ЯДРО

ЗАД.1.

$${}^18_8O \quad Z = 8$$
$$N = 10$$
$$A = 18$$

ЗАД.2.

Химичният елемент X има няколко изотопа. Общото между тях е еднакъв брой протони, т.е. един и същ пореден номер в таблицата на Менделеев. Различното между тях е броят на неутроните и масовото число.

ЗАД.3.

Дадено: ${}^{56}_{26}Fe$

Неутралният атом на желязото ще има 26 електрони, защото броят на електроните е равен на броя на протоните в атома.

Неутралните атоми на различните изотопи на даден химичен елемент не се различават по броя на електроните си.

ЗАД.4.

Дадено: ${}^{62}_{28}Ni$

$$\Delta E = 546 \text{ MeV}$$

Търси се: $E_{сп} = ?$

$$E_{сп} = \frac{\Delta E}{A} = \frac{546}{62} = 8,81 \text{ MeV / нуклон}$$

ЗАД.5.

Дадено: ${}^{19}_9F$

$$\Delta E = 147,8 \text{ MeV}$$

Търси се: $\Delta m = ?$

От формулата за енергия на връзката $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ определяме масовия дефект:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{147,8}{931,5} = 0,1587u$$

Използваме, че $c^2 = 931,5 \text{ MeV / u}$

ЗАД.6.

Дадено: 2_1H - деутерий : $Z = 1$; $N = 1$; $A = 2$

$$m_p = 1,0072765u;$$

$$m_n = 1,0086652u;$$

$$m_я = 2,0141022u$$

Търси се: $\Delta E = ?$

Първо трябва да определим масовия дефект на ядрото:

$$\Delta m = m_p + m_n - m_я = 1,0072765u + 1,0086652u - 2,0141022u = 0,0018395u$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (0,0018395u)(931,5 \text{ MeV / u}) = 2,22 \text{ MeV}$$

22. РАДИОАКТИВНОСТ

ЗАД.1.

Дадено: ${}^{90}_{38}\text{Sr}$

$$T_{1/2} = 28 \text{ години};$$

$$N = N_0 / 8;$$

Търси се: $t = ?$

Записваме закона за радиоактивното разпадане във вида: $\frac{N_0}{N} = 2^{\frac{t}{T_{1/2}}}$, откъдето $8 = 2^{\frac{t}{28}}$

$$\text{или } 2^3 = 2^{\frac{t}{28}}$$

От това равенство следва, че са равни степенните показатели. Затова:

$$3 = \frac{t}{28} \Rightarrow t = 3 \cdot 28 = 84 \text{ години}$$

ЗАД.2.

Дадено: ${}^{131}_{53}\text{I}$

$$m_0 = 4 \text{ mg};$$

$$m = 0,5 \text{ mg};$$

$$t = 24 \text{ дни}$$

Търси се: $T_{1/2} = ?$

$$\frac{m_0}{m} = \frac{N_0}{N} = \frac{4}{0,5} = 8$$

От закона за радиоактивно разпадане $N = \left(\frac{1}{2}\right)^n \cdot N_0$ следва, че $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$, т.е. $n = 3$.

Следователно периодът на полуразпадане е: $T_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n} = \frac{24}{3} = 8 \text{ дни}$

ЗАД.3.

Дадено: $m = 2,5 \text{ kg};$

$$E = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ J};$$

Търси се: $D = ?$

$$D = \frac{E}{m} = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{2,5} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Gy}$$

ЗАД.4.

Дадено: $D = 2000 \text{ Gy};$

$$m = 100 \text{ kg};$$

Търси се: $E = ?$

$$D = \frac{E}{m} \Rightarrow E = D \cdot m = 2000 \cdot 100 = 200 \cdot 10^3 \text{ J} = 200 \text{ kJ}$$

23. АЛФА-, БЕТА И ГАМА- РАЗПАДАНЕ

ЗАД.1.

А/ При алфа- разпадане на едно ядро броят на неутроните намалява с 2, тъй като масовото число на полученото ядро е по- малко с 4 от началния брой нуклони, а протоните са по- малко с 2.

Б/ При електронно бета- разпадане масовото число се запазва, но един неутрон се превръща в протон.

В/ При позитронно бета- разпадане масовото число се запазва, но един протон се превръща в неутрон.

Г/ При гама разпадане масовото число, броят на протоните и броят на неутроните се запазват, като ядрото само преминава от възбудено състояние в основно, при което се излъчва един γ - квант.

ЗАД.2.

По условие алфа- и бета- частиците имат еднаква кинетична енергия.

$E_k = \frac{mv^2}{2}$ следва, че по- голяма скорост ще има тази частица, която има по- малка маса, т.е. бета- частицата.

ЗАД.3.

Неизвестните ядра в показаните разпади са:

а/ ${}_{82}^{211}\text{Pb}$

б/ ${}_{6}^{12}\text{C}$

в/ ${}_{88}^{226}\text{Ra}$, а после ${}_{86}^{222}\text{Rn}$

г/ ${}_{14}^{30}\text{Si}^*$, а после ${}_{14}^{30}\text{Si}$

д/ ${}_{56}^{137}\text{Ba}^*$, а после ${}_{56}^{137}\text{Ba}$

24. ДЕЛЕНЕ НА УРАНА. ЯДРЕНИ РЕАКТОРИ

ЗАД.1.

Във водно- водните реактори водата изпълнява две функции: да охлажда реактора, като поглъща отделеното при верижната реакция топлина и да го отвежда извън реакторам; и втората- да забавя неутроните, което става в резултат на ударите на неутроните с леките ядра на водорода от водните молекули.

ЗАД.2.

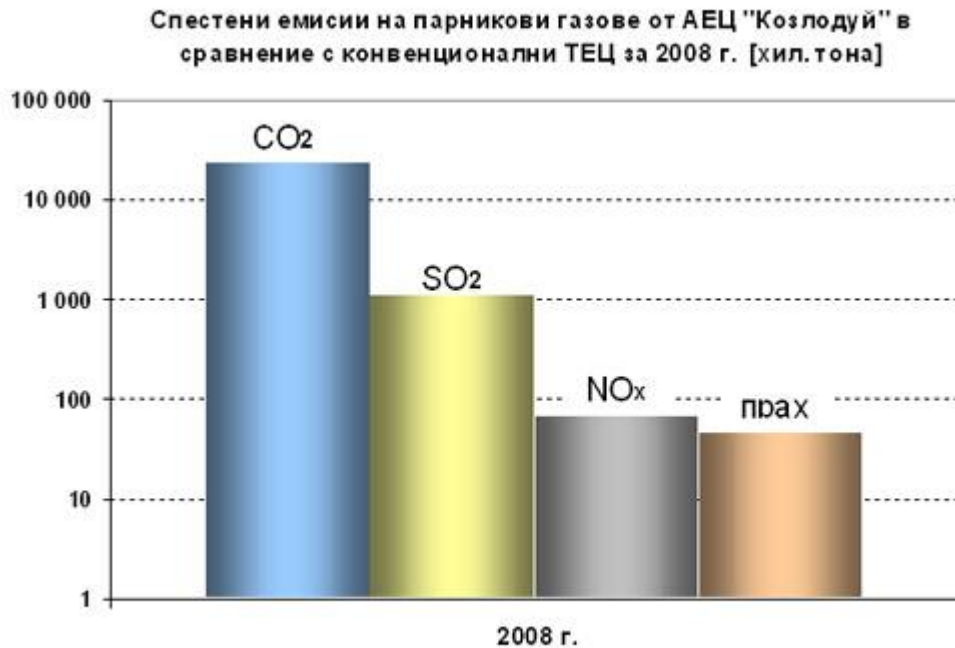
Предимства на атомните електроцентрали:

Безопасността на АЕЦ "Козлодуй" е издигната в основен приоритет и е обект на независим държавен надзор, упражняван от Агенцията за ядрено регулиране при Министерския съвет на Република България, от Министерството на околната среда и водите и от Министерството на здравеопазването.

Дейностите по опазването на живота и здравето на хората и околната среда са от първостепенно значение за персонала на централата.

Установено е съответствие на радиоекологичното състояние на природната среда около АЕЦ с изискванията на действащото законодателство в областта на радиационната защита. През 2002 г. България ратифицира протокола от Киото, който е сериозна стъпка за намаляване на емисиите на 6 парникови газа (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs ,

PFCs и SF₆). Производството на електрическа енергия от АЕЦ практически не генерира парникови газове и има съществен екологичен принос за опазването на околната среда. От произведената за 2008 г. електроенергия от АЕЦ е спестено вредното въздействие на над 20 млн. тона въглероден диоксид (CO₂), над 1 млн. тона серен диоксид (SO₂), 65 хил. тона азотни оксиди (NO_x) и 43 хил. тона прах, съдържащ естествена радиоактивност. Този ефект съответства на световните тенденции за ограничаване на озоноразрушаващите емисии в атмосферата.



През 1999 г. АЕЦ "Козлодуй" получи приза на Зелената партия в България за приноса си в опазването на околната среда във връзка с подобренията по безопасността, извършени в централата, и за ролята ѝ в намалените емисии на въглероден диоксид в национален мащаб.

През юни 2002 г. атомната електроцентрала "Козлодуй" е номинирана за значимия си принос в опазването и възпроизводството на околната среда и природните ресурси от Министерството на околната среда и водите на Република България.



Контролът за опазването на околната среда се реализира с комплекс от мерки в областта на мониторинга на околната среда, на контрола на изхвърлянията от АЕЦ в атмосферата и хидросферата, на преработката и съхранението на радиоактивните и конвенционалните отпадъци. Непрекъснат радиационен мониторинг в 3-километровата зона се реализира чрез автоматизираната информационна система на централата, интегрирана с аналогичната национална система на околна среда.

В 100-километровата зона на наблюдение около АЕЦ "Козлодуй" се вземат и анализират проби от въздуха, почвата, растителността, р. Дунав и питейните водоизточници, измерва се радиационният гама-фон.

ЗАД.3.

Броят на неутроните в посочените реакции е:

а/ 3;

б/ 2;

в/ 3

ЗАД.4.

а/ 1_0n

б/ 4_2He

в/ ${}^{12}_6C$

25. ТЕРМОЯДРЕН СИНТЕЗ

ЗАД.1.

Специфичната енергия на връзката на атомните ядра е функция на масовото им число. Тя има най- голяма стойност за ядрата с масово число около 60. Следователно както в тежките, така и в леките ядра нуклоните са по- слабо свързани,отколкото в ядрата от средата на периодичната система. Затова са възможни два противоположни процеса, при които се отделя енергия: делене на тежки ядра и сливане на две леки ядра.

ЗАД.2.

Сливане на две положително заредени ядра е възможно само ако те имат достатъчно голяма кинетична енергия, за да преодолеят електричните сили на взаимно отблъскване и да се доближат на такива малки разстояния, на които ядрените сили на привличане стават по- големи от силите на електрично отблъскване. Необходимата кинетична енергия може да се получи чрез загряване на средата, съдържаща леки ядра, до няколкостотин милиона градуса. При такава огромна температура атомите са напълно йонизирани и веществото се намира в плазмено състояние. В този случай процесът на сливане на леките ядра се нарича термоядрен синтез.

ЗАД.3.

При посочената реакция неизвестното ядро е 3_1H - тритий, което може да бъде отделено и да се използва като гориво.

ЗАД.4.

Дадено: $m({}^2_1H) = 2,0141022u$
 $m({}^3_1H) = 3,0160947u$
 $m({}^4_2He) = 4,0026032u$
 $m({}^1_0n) = 1,0086652u$

Търси се: $E = ?$

$$\begin{aligned} E &= \Delta m \cdot c^2 = [m({}^2_1H) + m({}^3_1H) - m({}^4_2He) - m({}^1_0n)]c^2 = \\ &= [2,0141022u + 3,0160947u - 4,0026032u - 1,0086652u]c^2 = \\ &= 0,0188835u \cdot 931,5MeV / u \approx 17,6MeV \end{aligned}$$

26. ЕЛЕМЕНТАРНИ ЧАСТИЦИ

НЯМА ЗАДАЧИ

27. КВАРКИ

НЯМА ЗАДАЧИ

28. ЗВЕЗДИ

ЗАД.1.

Светимостта на звездите зависи от два фактора: от ефективната температура и от радиуса на звездата. При еднаква ефективна температура светимостта е правопропорционална на квадрата на радиуса на звездата. Следователно при различен радиус звездите ще имат различна светимост.

ЗАД.2.

Съгласно със закон на Вин колкото е по- висока ефективната температура на звездата, толкова по- малка е дължината на вълната на максимума в нейния спектър на излъчване. Затова звездите с високи температури изглеждат сини, а червените звезди имат сравнително ниски ефективни температури.

Химичният състав на звездите се определя с помощта на спектралния анализ.

ЗАД.3.

Дадено: $T_1 = T_2$;

$$L_2 = 100.L_1;$$

Търси се: $\frac{R_2}{R_1} = ?$

Записваме светимостите на червеното джудже и на червения гигант съответно:

$$L_1 = 4\pi R_1^2 \sigma T_1^4 \text{ за джуджето}$$

$$L_2 = 4\pi R_2^2 \sigma T_2^4 \text{ за гиганта}$$

Но $L_2 = 100.L_1$. Заместваме и получаваме:

$$4\pi R_2^2 \sigma T_2^4 = 100.4\pi R_1^2 \sigma T_1^4$$

$$R_2^2 = 100R_1^2 \quad \text{Коренуваме:}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{100} = 10$$

Следователно радиусът на червеният гигант е 10 пъти по- голям от този на червеното джудже.

ЗАД.4.

Дадено: $T_2 = 3000\text{K}$;

$$L_1 = L_2;$$

$$R_2 = 16.R_1$$

Търси се: $T_1 = ?$

Записваме светимостите на бялото джудже и на червеното джудже:

$$L_1 = 4\pi R_1^2 \sigma T_1^4$$

$$L_2 = 4\pi R_2^2 \sigma T_2^4$$

Но $L_1 = L_2$ и $R_2 = 16.R_1$. Заместваме и получаваме:

$$4\pi R_2^2 \sigma T_2^4 = 4\pi R_1^2 \sigma T_1^4$$

$$4\pi (16R_1)^2 \sigma T_2^4 = 4\pi R_1^2 \sigma T_1^4$$

$$16^2 T_2^4 = T_1^4$$

$$T_1 = \sqrt[4]{16^2 T_2^4} = T_2 \cdot \sqrt[4]{2^4 \cdot 2^4} = 4 \cdot T_2 = 4 \cdot 3000 = 12000 \text{ K}$$

ЗАД.5.

Дадено: $\lambda_{\max} = 200 \text{ nm} = 200 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Търси се: $T = ?$

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} = \text{const}$$

$$T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{200 \cdot 10^{-9}} = 0,0145 \cdot 10^6 = 14500 \text{ K}$$

Звездата е от спектрален клас В при температури от 13000 – 30000 K.

29. ЕВОЛЮЦИЯ НА ЗВЕЗДИТЕ

ЗАД.1.

Протозвездата е огромен свиващ се газово- прахов облак, зараждаща се звезда. Когато една звезда е звезда от главна последователност тя променя много бавно температурата и светимостта си. В този стадий водородът в централната област на звездата се превръща в хелий. Звездата е на главната последователност много дълго време, докато водородът в ядрото ѝ се превърне в хелий. Това време може да се определи по формулата:

$$t_{\text{гл.п.}} = 10^{10} \left(\frac{M_0}{M} \right)^3 \text{ години}$$

ЗАД.2.

С най- малка маса са звездите, които се превръщат в бели джуджета / масата им е колкото слънчевата/, по- тежки са звездите, които стават неутронни звезди и най- масивни са звездите, които стават черни дупки.

ЗАД.3.

Дадено: $R_1 = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$;

$$\rho_1 = 1400 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = 1 \cdot 10^{18} \text{ kg/m}^3$$

Търси се: $R_2 = ?$

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$$

$$\rho_1 \cdot \left(\frac{4}{3} \pi R_1^3 \right) = \rho_2 \cdot \left(\frac{4}{3} \pi R_2^3 \right)$$

$$\rho_1 R_1^3 = \rho_2 R_2^3$$

$$R_2 = \sqrt[3]{\frac{\rho_1 R_1^3}{\rho_2}} = R_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = 7 \cdot 10^8 \cdot \sqrt[3]{\frac{1400}{1 \cdot 10^{18}}} = 7800 \text{ m} = 7,8 \text{ km}$$

30. СВЕТЪТ НА ГАЛАКТИКИТЕ

ЗАД.1.

Нашата галактика, Млечният път, включва звезди с различни маси и възраст, достигнали различни стадии от своята еволюция. Част от Галактиката и е т. нар. междузвездна среда. Тя се състои от разреден газ, прах, заредени частици с голяма енергия и др.

Галактиката има форма на диск, който е изпъкнал по средата. Погледнат отгоре, дискът се състои от сферично ядро и навити към него спирални ръкави. В ръкавите са съсредоточени почти всички горещи звезди с висока светимост и голяма част от междузвездната материя от газ и прах. Най – близо една до друга са разположени звездите в ядрото на Галактиката. Средното разстояние между звездите нараства при отдалечаване от центъра. Звездите се въртят около центъра на Галактиката. Напр. Слънцето прави една обиколка за около 240 милиона години.

Видове галактики: елиптични, спирални и неправилни.

ЗАД.2.

Ефект на Доплер: Той се състои в следното: ако източникът на светлина се отдалечава от наблюдателя, той регистрира по- голяма дължина на вълната на светлината, отколкото когато източникът е неподвижен. Това нарастване на дължината на вълната на отдалечаващ се източник се нарича червено отместване. Обратно, когато източникът се приближава към наблюдателя, последният измерва по- малка дължина на вълната. Колкото е по- голяма скоростта на източника, толкова по- голямо е изменението на дължината на вълната. Като си измери това изменение, може да се пресметне скоростта на източника.

Хъбл установява, че всички галактики се отдалечават от нас, като скоростите им се определят с помощта на закон на Хъбл.

ЗАД.3.

Дадено: $r = 2 \cdot 10^9 \text{ ly}$;

$$H = 17 \cdot 10^{-6} \text{ km/(s.ly)}$$

Търси се: $v = ?$

Използваме закон на Хъбл и определяме скоростта:

$$v = H \cdot r = 17 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^9 = 34 \cdot 10^3 \text{ km/s}$$

ЗАД.4.

Дадено: $v = 5000 \text{ km/s}$;

$$H = 17 \cdot 10^{-6} \text{ km/(s.ly)}$$

Търси се: $r = ?$

Използваме закон на Хъбл и определяме разстоянието:

$$v = H \cdot r$$

$$r = \frac{v}{H} = \frac{5000}{17 \cdot 10^{-6}} \approx 294 \cdot 10^6 \text{ ly}$$

31. ВСЕЛЕНАТА

НЯМА ЗАДАЧИ