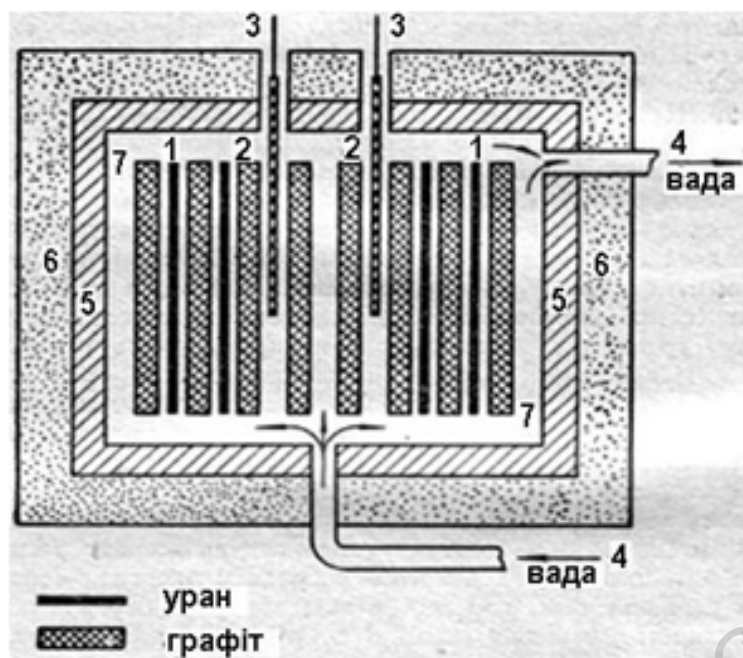


§ 13 Ядзерныя рэактары.

Схема ядзернага рэактара на цеплавых нейтронах:



- 1 — ядзернае паліва,
- 2 — запавольнік нейтронаў,
- 3 — кіроўныя стрыжні,
- 4 — цепланосьбіт,
- 5 — адбівальнік нейтронаў,
- 6 — ахоўная абалонка,
- 7 — актывная зона.

- 1) Ядзернае паліва, у якасці якога можа служыць: прыродны уран, які складаецца на 99,3% - $^{238}_{92}U$, 0,72% - $^{235}_{92}U$ і 0,01% - $^{234}_{92}U$; узбагачаны уран, у якім да 5% - $^{235}_{92}U$. Ядзерным палівам таксама можа быць $^{232}_{90}Pu$ ці $^{232}_{90}Th$.
- 2) Паміж ядзерным палівам размешчаюцца запавольнікі, якія хуткія нейтроны пераўтвараюць у цеплавые. Яны выраблены з цяжкай вады, графіту ці берылію.

- 3) Кіроўныя стрыжні, якія выраблены з матэрыялу, што моцна паглынаюць цеплавыя нейтроны (бор, кадмій). Гэтыя стрыжні кіруюць працэсам працякання рэакцыі ў рабочай зоне. Спачатку іх падымаюць і працэс (ланцуговая рэакцыя) ідзе з $K > 1$. Рэактар разагрэваецца, пры дастатковым памнажэнні нейтронаў стрыжні апускаюцца ў зону рэактара, частка нейтронаў імі паглынаецца. Пры дасягненні $K = 1$ работа рэактара стабілізуецца, г. зн. лік нейтронаў, якія ўтвараюцца ў адзінку часу, застаецца пастаянным.
- 4) З дапамогай цепланосьбіта, які выконвае замкнуты цыкл, цеплыня адводзіцца з актыўнай зоны рэактара і ператвараецца ў механічную энергію, а затым у электрычную. У якасці цепланосьбіта могуць выкарыстоўвацца газы і вадкасці, якія не паглынаюць нейтронаў (вада, вадкі натрый, гелій, углекіслы газ). Тэмпература ў актыўнай зоне рэактара за кошт кінетычнай энергіі асколкаў дзялення ядзер павышаецца да 800 – 900 К.
- 5) Адбівальнік нейтронаў служыць для памяншэння ўцечкі нейтронаў з актыўнай зоны. Зроблены з матэрыялу запавольніка ці металаў вялікай шчыльнасці.
- 6) Ахоўная абалонка, якая затрымлівае нейтронныя патокі і γ -выпраменьванне. Выраблена з бетону з вадзяным ці жалезным напаўняльнікамі.

§ 14 Прямьяненне радыёактыўных ізатопаў і ядзернай энергіі.

Напрыклад: ${}_{27}^{59}\text{Co} + {}_0^1n \rightarrow {}_{27}^{60}\text{Co}$ - ён вызначаецца па γ -выпраменьваньню.

Практычнае прымяненне ізатопаў заснавана на наступных уласцівасцях:

- 1) пастаянства хімічных уласцівасцей элемента і яго ізотопу;
- 2) наяўнасць спадарожнага выпраменьвання;
- 3) неаднолькавая пранікальная здольнасць рознага віду радыёактызнага выпраменьвання;
- 4) магчымасць фіксацыі малых колькасцей радыёнуклеідаў.

а) Метад мечаных атамаў.

Да нерадыёактыўных элементаў дабаўляецца невялікая колькасць радыёізатопаў гэтага ж элемента. Т.ч. ёсць магчымасць сачыць за перамяшчэннем мечаных атамаў. Радыёнуклід натрыю $^{24}_{11}\text{Na}$ прымяняецца для даследвання клетачных мембран, крыві, коснай ткані і інш.

- $^{32}_{15}\text{P}$ - памог вывучыць засваенне раслінамі фосфару з угнаенняў.
- $^{59}_{26}\text{Fe}$ - абмен рэчыва ў арганізмах.
- У хіміі ізатопы дазваляюць вывучаць механізм і хуткасць працякання хімічных рэакцый. Калі ўвесці мечаныя атамы ў дэталі машын, то па ўзроўню радыёактыўнасці змачагнага масла можна вызначыць ступень іх износу.
- Хуткасць дыфузіі атамаў ў цвёрдых цялах.
- Растварэнне слаба растваральных рэчываў.
- Рух грунтовых вод.
- Працечкі ў трубаправодах і г.д.

б) Пранікальнае выпраменьванне таксама знаходзіць шырокае прымяненне ў навуцы, тэхніцы, медыцыне, сельскай гаспадарцы і інш.

Навука і тэхніка:

- дэфекты ў металічных дэталях;
- якасць літых прадметаў (поласці);
- кантроль таўшчыні пракату (паглынне);

Медыцына:

- лячэнне ракавых захворванняў;

Сельская гаспадарка:

- селекцыя;
- павышэнне ўсхожасці сямян;
- барацьба са шкоднымі насякомымі

Археалогія:

ізатоп вугляводу дапамагае вызначыць узрост прадметаў арганічнага паісходжання.

Ядзерная энергетыка.

Прымяненне:

- АЭС (эл. энергія, цяпло і інш.);
- Сілавыя ўстаноўкі на караблях;
- Навучныя цэлі.

Праблема: бяспека атамнага рэатара ў авар. сітуацыі.

§ 15 Элементы дозиметрии.

Узроўні дзеяння на арганізм:

- а) – узровень малекул і клетак, пры разрушэнні ядра клеткі парушаецца здольнасць клеткі да дзялення;
- б) – узровень асобных органаў і усяго арганізма ўвогуле, што прыводзіць да захворванняў
 - – пры вельмі вялікіх дозах;
 - – пры невялікіх дозах.

Паглынутая доза – энергія іанізуючага выпраменьвання, паглынутая рэчывам і разлічаная на адзінку яго масы.

$$D = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta m},$$

дзе $\Delta \varepsilon$ -- паглынутая энергія ў некаторым аб'ёме; Δm – маса рэчыва, заключаная ў гэтым аб'ёме.

Адзінка вымярэння – Грэй.

Гэта паглынутая доза, пры якой апрамененаму рэчыву маса 1 кг перадаецца энергія выпраменьвання 1 Дж.

1 Гр = 1 Дж/кг

Пазасістэмная адзінка – рад (1 рад = 10^{-2} Гр).

Экспозиційная доза – мера іонізацыйнага дзеяння рэнтгенаўскага і γ -выпраменьвання ў паветры. Яна апрадзяляецца як стасунак сумарнага зарада аднаго знака ўсіх іонаў ΣQ утвораных пры праходжанні выпраменьвання ў аб'ёме паветра масай Δm да масы гэтага паветра.

$$D_{\Sigma} = \frac{\Sigma Q}{\Delta m}$$

Адзінка вымярэння: 1 Кл/кг.

Пазасістэмная адзінка рэнтген ($1\text{p} = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг).

Эквівалентная доза – паглынутая доза, якая не залежыць ад тыпу выпраменьвання і вызначае біялагічны эффект.

$$H=KD,$$

дзе K – каэфіцыент якасці выпраменьвання; D – паглынутая доза.

Зіверт (Зв.) – эквів. доза \forall выпраменьвання, якое паглынаецца 1 кг біялагічнай ткані і стварае такі ж біялагічны эффект, як і доза 1 Гр фатоннага выпраменьвання.

Пазасістэмная – Бэр (1 Бэр = 10^{-2} Зв, т.е. 1 Зв = 100 Бэр).

Магутнасць дозы – прырашчэнне дозы ў адзінку часу.

$$P = \frac{\Delta D}{\Delta t}$$

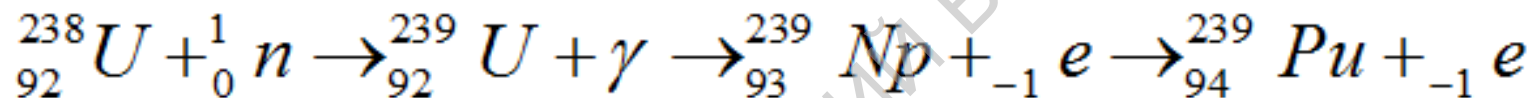
У тым выпадку, калі $P \neq \text{const}$, тады

$$D = \int_0^{t_0} P(t) dt,$$

дзе $P(t)$ – імгненнае значэнне магутнасці.

§ 16 Тэрмаядзерныя рэакцыі. Кіруемы тэрмаядзерны сінтэз.

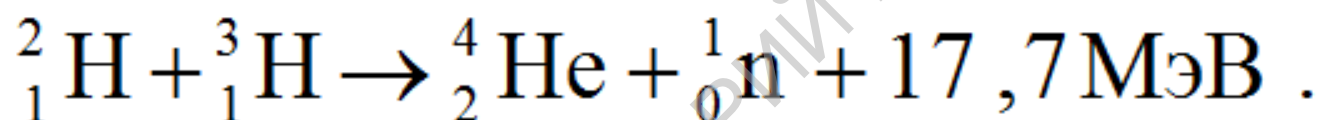
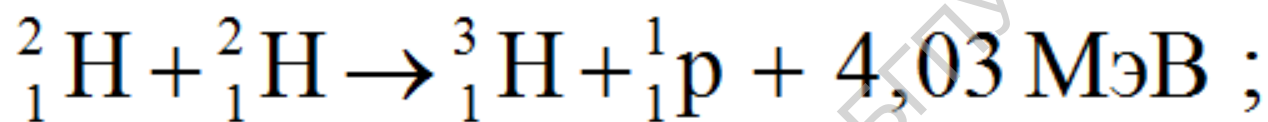
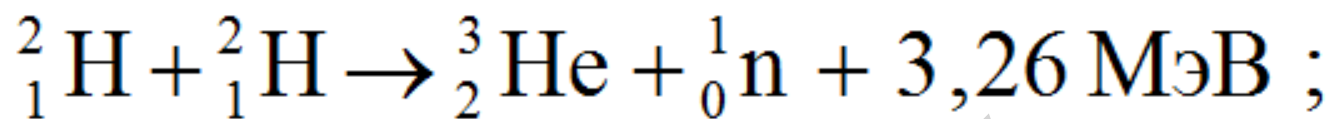
Так, напрыклад, у рэактары на хуткіх нейтронах узнікае ядзерны ланцуг:



${}_{94}^{239}\text{Pu}$ можа назапашвацца ў вялікіх колькасцях.

Для ядраў з $Z < 47$, так званых лёгкіх ядзер, выгодна злівацца. Для лёгкіх ядраў назіраецца іх сінтэз, у выпадку якога яны пераходзяць у стан з меншай энергіяй, чым яны былі ў свабодным стане. Каб лёгкія ядры зліваліся (сінтэз адбыўся), неабходна пераадолець кулонаўскае адштурзванне паміж імі і зблізіць іх на адлегласць $\sim 10^{-15}$ м. Тады пачынаюць дзейнічаць ядзерныя сілы і ядры зліваюцца, пры гэтым выдзяляецца вялікая колькасць энергіі.

Напрыклад, пры сінтэзе ядра гелія і вадарода:



Вылучаецца $\sim 17,6$ МэВ энергіі, што эквівалентна $17,6/5 \approx 3,5$ МэВ на 1 нуклон. У той жа час пры дзяленні цяжкіх ядзер $200/235 \approx 0,85$ МэВ. Гэта значыць, што пры ядзерным сінтэзе энергіі выдзяляецца ў 4 разы больш.

Т.ч. сінтэз больш энергетычна выгадны. Велічыня энергіі для злучэння ядзер можа быць вызначана па формуле

$$E = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_{\text{я}}}$$

- вышыня патэнцыяльнага бар'еру, абуслоўленая кулонаўскім адштурхваннем. Z_1 і Z_2 – парадкавыя нумары элементаў; $r_j \sim 10^{-15}$ м – радыус дзеяння ядзерных сіл.

Дэйтэрыя і трыцыя: $Z_1=Z_2=1$; $E \sim 0,7$ МэВ. На долю кожнага ядра, якое сталківаецца, прыходзіцца энергія $\sim 0,35$ МэВ. Т.ч. для атрымання сінтэзу можна абстрэліваць трытоны дэйтронамі, паскоранымі да велічыні гэтай энергіі, аднак, так як памеры трыцыя невялікая, імавернасць сутыкнення зусім малая.

Эканамічна выгадным з'яўляецца шлях нагрэвання сумясі да адпаведнай тэмпературы. $3/2kT \approx 0,35$ МэВ $\Rightarrow T \sim 10^9$ К у выніку такога нагрэву адбываецца сінтэз, таму такія рэакцыі пры высокіх тэмпературах называюцца тэрмаядзерныя рэакцыі. Гэтыя рэакцыі з'яўляюцца некіруемымі. Яны працякаюць у выглядзе выбуха. Першы тэрмаядзерны выбух быў створаны ў 1953 годзе ў СССР.

Сахараў і Тамм упершыню прапанавалі арыгінальную схему для стварэння кіруемага тэрмаядзернага сінтэза (КТС).

Пры гэтым трэба было рашыць дзве задачы:

1. нагрэць сумесь да вясокай тэмпературы $\sim 10^9$ К (плазма);
2. забяспечыць цеплаізаляцую гарачай плазмы ад сценак рэактара, для чаго выкарыстоўвалася магнітнае поля, ствараемае вялікімі токамі. Калі такі ток прапусціць праз слуп плазмы ў напрамку яго восі, то ён не толькі праводзіць яе разагрэў, але і ўтварае магутнае магнітнае поле, якое сціскае плазму ў плазменны шнур, адарваны ад сценак. Каб канцы плазменнага шнура не датыкаліся да электродаў, неабходна прапусціць ток праз тороідную шпулю.

Устаноўкі па гэтым прынцыпу называюцца “Такамак” (тэрмаядзерны рэактар). На “Т-10” дасягнута тэмпература плазмы $\sim 5 \cdot 10^7$ К і час утрымання $\sim 0,1$ с.

