

Nuclear physics - summary

- [Nuclear physics - summary](#)
- [Scenariusz](#)
- [Lesson plan](#)

A graphic with a black background featuring a large, glowing orange circle in the center. A horizontal orange sine wave passes through the circle. The background is filled with numerous smaller, glowing orange circles of varying sizes, creating a bokeh effect. The text "Nuclear physics - summary" is centered within the large circle in a white, sans-serif font.

Nuclear physics - summary

Source: licencja: CC 0.

Podsumowanie wiadomości z fizyki jądrowej

You will learn

- consolidate the knowledge about the nuclear physics,
- describe phenomena on the nuclear level.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Before you start, do the following.

Prepare short statements explaining the following concepts.

1. Atomic nucleus.
2. Isotopes.
3. Mass defect.
4. Binding energy.
5. Nuclear radiation.
6. Radiation dose.

7. Half-life.
8. The law of radioactive decay.
9. Nuclear transformations.
10. Nuclear reactions.
11. Nuclear fission.
12. Chain reaction.
13. Nuclear power plant.
14. Thermonuclear fusion.
15. Radiation detection.
16. Radioactivity in technology and medicine.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Nuclear physics deals with the structure of the atomic **nucleus**, investigates the processes occurring in it and processes involving atomic nuclei. No less important are the applications of nuclear reactions in science and technology.

1. Atomic nucleus

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

The atomic nucleus is the high density region located in the centre of the atom. The atomic nucleus is several orders of magnitude smaller than the size of the atom itself. It has a positive charge.

The atomic nucleus is made up of protons and neutrons called nucleons. Protons have a positive charge and neutrons are electrically neutral. Both particles have similar masses.

The composition of the atomic nucleus is symbolically written as:



where:

X - chemical symbol of the element,

Z - atomic number indicating the number of protons in the nucleus,

A - mass number equal to the number of nucleons (total number of protons and neutrons) in the nucleus.

The number of neutrons is the difference between mass and atomic numbers, or $A - Z$.

2. Isotopes

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Isotopes are different forms of the same element that differ in the number of neutrons in the nucleus. The isotope nuclei have the same atomic number, while the different mass number.

The isotopes of a given element have the same chemical properties, but different physical properties.

Hydrogen is the only element whose natural isotopes have their own names: protium (1H), deuterium (2H) and tritium (3H).

Protium, the most commonly occurring hydrogen isotope, consists of a proton and an electron. Protium and deuterium are the stable isotopes. Third isotope tritium is radioactive.

3. Mass defect

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

The original mass of the **nucleus** is smaller than the sum of the masses of its individual components. A mass defect or otherwise a mass deficit, which is the difference between the sum of the masses of the nucleus constituents and its mass, is equivalent to the energy released during the formation of the nucleus.

The mass deficit is calculated using the formula:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_j$$

where:

m_p - is the mass of proton,

m_n - is the mass of the neutron,

m_j - is the mass of the nucleus.

4. Binding energy

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

There are attractive nuclear forces acting between the nucleons in the nucleus (known as strong interactions), which do not depend on the electric charge. They have very large magnitude but a short range. As a result of these forces, the nucleons are strongly bound to each other.

The nuclear binding energy is responsible for the difference between the actual mass of the nucleus and the sum of the masses of its constituents. It is the energy necessary to keep the nucleus together.

According to Einstein's law of the equivalence of mass and energy, the binding energy of the nucleus is:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

where:

Δm - is the mass deficit,

c - the speed of light.

For the light atomic nuclei the nuclear binding energy increases with the mass number.

5. Nuclear radiation

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

The nuclei of some atoms are unstable. These atoms (primary isotopes) undergo spontaneous decay creating a more stable atom (a descendant isotope) and emit **radiation**. The substances emitting radiation are called radioactive.

There are three types of nuclear radiation.

- Alpha (α) - are made up of 2 protons and 2 neutrons. They have a positive charge equal to twice the elementary charge and are identical to helium nuclei. They have a low penetration ability. You can stop them with a piece of paper.
- Beta (β) - beta particles have a negative charge equal to the elementary charge and a mass of 1/2000th of the mass of the proton. They are electrons (or positrons) produced in the **nucleus** as a result of a radioactive decay called beta decay (they are not electrons from atomic shells). They are very light and move quickly. It can be stopped by a thin aluminium plate.

- Gamma (γ) - gamma rays are electromagnetic waves, not particles. They do not have mass or charge. Gamma **radiation** has the highest penetrating power. Low energy gamma rays penetrate through air, paper or a thin layer of metal. High energy rays can be stopped only by a few centimetres of lead or a few meters of concrete.

6. Radiation dose

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

The quantities and units used to measure radioactivity and its effects.

- Radioactivity (A) refers to the amount of ionizing **radiation** released by a given substance. It represents the number of atoms decaying over a given period of time. The unit in the SI system is becquerel (Bq).

$$A = \frac{N}{t}$$

where:

N - is the number of decays,

t - time unit.

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ decay}}{1 \text{ s}}$$

- Radiation exposure describes ionization of air due to radiation. The unit is a $\frac{\text{coulomb}}{\text{kg}}$ ($\frac{\text{C}}{\text{kg}}$).

- Absorbed dose (D) refers to the amount of radiation absorbed by an object or person. The unit in the SI system is gray (Gy).

$$D = \frac{E}{m}$$

where:

E - radiation energy absorbed by the body,

m - body mass.

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

The traditional dose unit is rad, 1 Gy = 100 rad.

- Effective dose describes the amount of **radiation** absorbed by humans, corrected by the type of radiation, described by the weight ratio of radiation and the effect on particular organs. The unit in the SI system is the sievert (Sv).

7. Half-life

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

The rate of radioactive decay is measured using the concept of half-life.

The half-life is the time required for the radioactivity of a given isotope to be reduced by half and is denoted as T or $T_{1/2}$. After two half-lives the size of the sample is quartered, after third half-life an eighth of atoms is left intact and so on. The half-life does not depend on the age of the nuclei or the sample size.

Radioactive decay as a function of time is exponential.

8. The law of radioactive decay

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

The law of radioactive decay describes the statistical behaviour of a large number of nuclides. It says that:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N(t) \cdot \Delta t$$

where:

$N(t)$ - is the total amount of radioactive untransformed nuclei at a time t ,

ΔN - is the number of radioactive nuclei decayed in the time Δt .

The probability of a nuclear transformation is different for each radioactive **nucleus** and can be expressed by the decay constant λ . The unit of the decay constant is s^{-1} .

The radioactivity of an object is measured by the number of nuclear decays it emits each second - the more it emits, the more radioactive it is.

The decay rate is known as the activity of a particular sample and is defined as a number of decays at any given moment.

$$A(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

The basic unit of activity is the becquerel (Bq).

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ decay}}{1 \text{ s}}$$

9. Nuclear transformations

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

In the process of radioactive decay, the decaying nucleus is called the parent nucleus, and the process product is called the daughter nucleus. The law of radioactive displacements, also known as Soddy and Fajans law, describes the relationship between the parent nucleus and the daughter nucleus in terms of atomic number and mass number.

During nuclear transformations, the following is met.

- The principle of number of nucleons conservation - the sum of the number of nucleons in all decay products is equal to the number of nucleons before decay.
- The principle of charge conservation - the sum of charges in the products of decay is the same before the decay as after the decay.
- The principle of mass and energy - the sum of masses and energy after the decay is the same as before the decay.

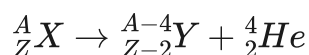
α decay

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

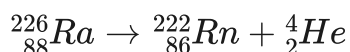
nagranie abstraktu

In α decay, the new element has an atomic number less by 2 and a mass number less by 4 than the parent radioisotope. The α decay can be expressed as:



Example 1

In the α decay radon ${}^{226}_{88}Ra$ is transformed into radon ${}^{222}_{86}Rn$.



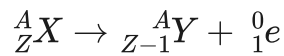
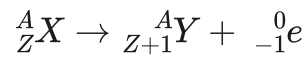
β decay

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

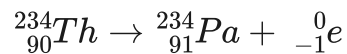
nagranie abstraktu

In the β decay (the emitted particle is an electron or positron), the mass number remains unchanged, while the atomic number increases or decreases by 1 relative to the parent radioisotope. The β -decay can be expressed as:



Example 2

In β decay thorium ${}^{234}_{90}\text{Th}$ is transformed into protactinium ${}^{234}_{91}\text{Pa}$.



At the same time, either an α particle or a β particle is emitted. Both cannot be emitted simultaneously during a single decay.

γ decay

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

When the radioactive nucleus emits γ **radiation**, only the energy level of the nucleus changes, and the atomic number and mass number remain the same.

During the decay of α or β , the daughter nucleus is usually in an **excited** state. Return to the ground state is associated with the **emission** of γ -radiation.

Example 3

During the radon ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ transformation into radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, radon returns from the excited state to the ground state and γ radiation of 0,187 MeV is emitted.

10. Nuclear reactions

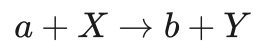
[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

In nuclear processes in which two nuclei or nucleons collide, different products than the initial particles are produced. This process is called a **nuclear reaction**. The nuclear reaction does not occur spontaneously, but two particles must collide.

The nuclear reaction, as in the case of nuclear decays, can be presented by a balanced equation:



where:

X - target nucleus,

a - bombarding particle (projectile),

Y - final nucleus,

b - produced particle (ejectile).

11. Nuclear fission

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](https://epodreczniki.pl)

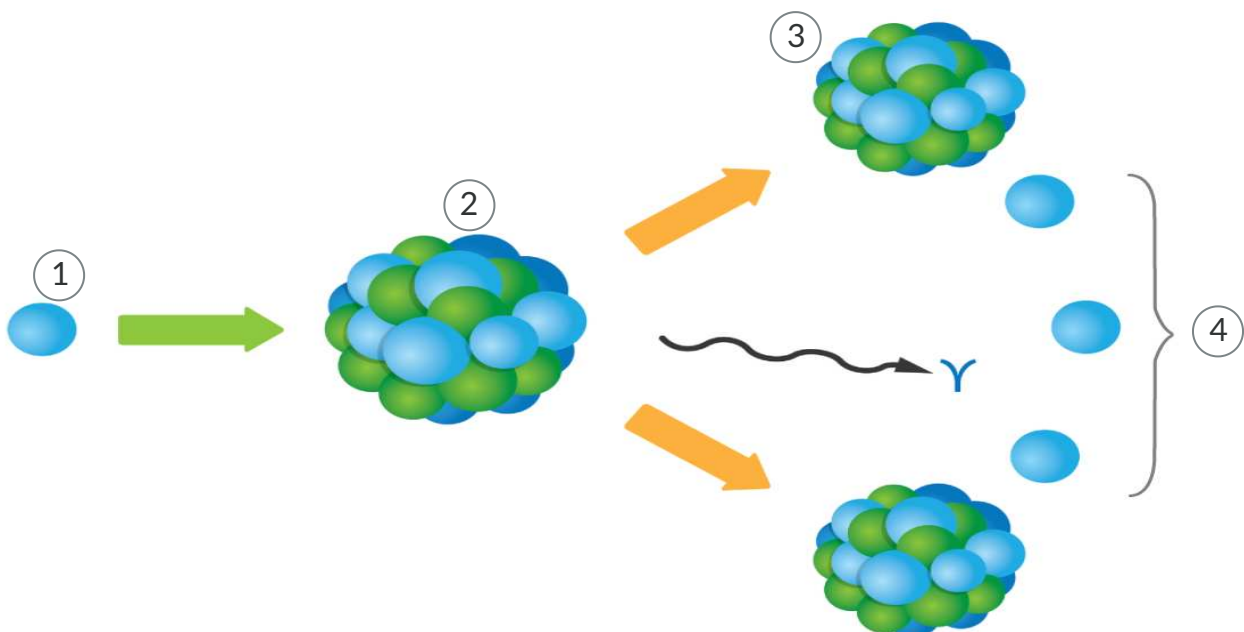
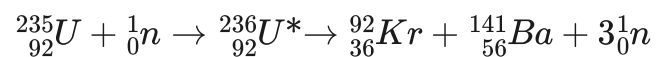
Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Nuclear fission is a type of [nuclear reaction](#) in which the nucleus is divided into smaller fragments of smaller mass. The [fission](#) process produces free neutrons and gamma rays. In this process, a large amount of energy is released.

Nuclear fission is carried out in nuclear energy reactors.

Example of the reaction:



bombarding neutron

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P1D30j1vc>

2

nucleus

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P1D30j1vc>

3

fission product

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P1D30j1vc>

4

produced neutrons

Nagranie dostępne pod adresem <https://zpe.gov.pl/b/P1D30j1vc>

Schema of the nuclear fission

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

12. Chain reaction

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

During the [fission](#) reaction, neutrons are released. They may hit other fissile nuclei and cause them to split. Even more neutrons are then released, which in turn can split more nuclei. This is called a chain reaction. The chain reaction in nuclear reactors is controlled to stop it going too fast. The chain reaction is ongoing so long as the fissile nuclei are present in the sample.

13. Nuclear power plant

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Nuclear power plants perform a similar function as solid fuel power plants - their task is to supply energy. In the case of a nuclear power plant, energy is released during chain reaction. This energy, created in the reactor, is used to convert water into steam, which in turn drives the turbine rotors. As a result, electricity is generated.

A nuclear reactor is a basic element of a nuclear power plant in which a controlled chain reaction takes place.

The most important elements of a nuclear reactor are:

- fuel - i.e. fissile material, e.g. enriched uranium, plutonium,
- moderator - a substance weakly absorbing neutrons, whose task is to slow them down, for example, heavy water, graphite,
- control rods and safety rods - made of substances strongly absorbing neutrons, e.g. cadmium, boron,
- coolant - a substance that discharges heat from the reactor core, e.g. water, liquid sodium.

14. Thermonuclear fusion

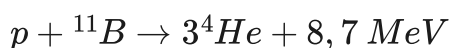
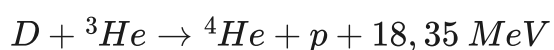
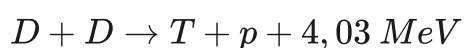
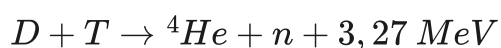
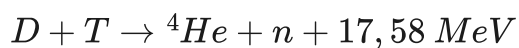
[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Nuclear fusion is a type of [nuclear reaction](#) where two light nuclei collide together to form a single, heavier [nucleus](#). This nucleus is unstable and decay into more stable daughter products. In this process, according to the principle of mass-energy equivalence the energy is released because the mass of the new nucleus is less than the sum of the colliding masses.

Some possible fusion reactions.



Thermonuclear [fusion](#) processes take place:

- in the interiors of stars, also in our Sun,

- in hydrogen bombs,
- in thermonuclear reactors (so far only experimental, devoid of industrial applications).

15. Radiation detection

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Devices for detecting and recording nuclear (ionizing) **radiation** are called particle detectors. Most often these are devices that use the phenomena:

- gas ionization (ionization chamber, Wilson chamber, bubble chamber, Geiger-Müller counter),
- excitation of certain substances to emit light (scintillation counter),
- chemical reaction (photographic emulsion).

16. Radioactivity in technology and medicine

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

Artificial radioactivity has found wide application in many areas.

- Power engineering - power plants, nuclear batteries (used, for example, for pacemakers).
- Medicine - radioisotopes, markers for diagnostic tests, treatment of cancerous diseases (cobalt bomb), accelerators.
- Science - determining the age of archaeological finds by radiocarbon dating method (^{14}C -dating), activation analysis (a very sensitive method of studying the elemental composition of a sample).
- Technique - atomic engines of ships and spacecraft, precise thickness gauges, glowing paints, smoke detectors.
- Industry - detection of defects in the elements of aircraft engines, sterilization of food and medical equipment, control of the expiry date of products.

Remember

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

- Nuclear physics is the branch of physics dealing with the structure of the atomic nucleus, investigates the processes occurring in it and processes involving atomic nuclei.

Exercises

Exercise 1

Determine which sentences are true.

Isotopes are forms of the same element, differing in mass.

The particles produced in the α decay are hydrogen nuclei.

The atomic nucleus contains the half of mass of the atom.

Gamma radiation is ionizing radiation.

Half-life can take values in the order of microseconds to billions of years.

The decay of radioactive nuclei is accidental.

zadanie

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

Exercise 2

Describe the properties of the proton and neutron.

Exercise 3

Describe the structure of the atomic nucleus in English.

Exercise 4

Indicate which pairs of expressions or words are translated correctly.

jonizacja - ionisation

synteza - excited

wzbudzony - fusion

rozszczepienie - fission

promieniowanie - radiation

reakcja jądrowa - nuclear reaction

zadanie

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

Match Polish terms with their English equivalents.

- promieniowanie
- ionisation
- radiation
- rozszczepienie
- fission
- nuclear reaction
- jonizacja
- emisja
- emission
- reakcja jądrowa

Source: Zespół autorski Politechniki Łódzkiej, licencja: CC BY 3.0.

Glossary

emission

emisja

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: emission

excited

wzbudzony

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: excited

fission

rozszczerzenie

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: fission

fusion

synteza

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: fusion

half-live

czas połowicznego rozpadu

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: half-live

ionisation

jonizacja

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: ionisation

nuclear reaction

reakcja jądrowa

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: nuclear reaction

nucleus

jądro

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: nucleus

radiation

promieniowanie

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: radiation

source

źródło

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: source

Keywords

[emission](#)

[fission](#)

[ionisation](#)

[nuclear reaction](#)

[radiation](#)

Scenariusz

Temat

Podsumowanie wiadomości z fizyki jądrowej

Etap edukacyjny

Trzeci

Podstawa programowa

XI. Fizyka jądrowa. Uczeń:

- 1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej;
- 2) zapisuje reakcje jądrowe stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;
- 3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta;
- 4) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma;
- 5) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu;
- 6) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciami energii wiązania i deficytu masy; oblicza te wielkości dla dowolnego izotopu;
- 7) wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na materię oraz na organizmy żywe;
- 8) wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
- 9) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
- 10) opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
- 11) opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel zachodzącą w gwiazdach;
- 12) opisuje elementy ewolucji gwiazd; omawia supernowe i czarne dziury.

Czas

45 minut

Ogólny cel kształcenia

Utrwala wiadomości dotyczące fizyki jądrowej.

Kształtowane kompetencje kluczowe

1. Opisuje budowę jądra atomowego.
2. Opisuje mechanizm i typy reakcji jądrowych.
3. Opisuje zastosowanie zjawisk jądrowych w nauce i technice.

Cele (szczegółowe) operacyjne

Uczeń:

- wyjaśnia budowę jądra atomowego,
- wymienia typy reakcji jądrowych i ich znaczenie.

Metody kształcenia

1. Dyskusja.
2. Analiza tekstu.

Formy pracy

1. Praca indywidualna.
2. Praca grupowa.

Etapy lekcji

Wprowadzenie do lekcji

Przygotuj krótkie wypowiedzi wyjaśniające poniższe pojęcia:

1. Jądro atomu.
2. Izotopy.
3. Defekt masy.
4. Energia wiązania.
5. Promieniowanie jądrowe.
6. Dawka promieniowania.

7. Okres połowicznego rozpadu.
8. Prawo rozpadu promieniotwórczego.
9. Przemiany jądrowe.
10. Reakcje jądrowe.
11. Rozszczepienie jądra atomowego.
12. Reakcja łańcuchowa.
13. Elektrownia jądrowa.
14. Synteza termojądrowa.
15. Detekcja promieniowania.
16. Promieniotwórczość w technice i medycynie.

Realizacja lekcji

Fizyka jądrowa zajmuje się strukturą jądra atomowego, bada zachodzące w nim procesy oraz procesy z udziałem jąder atomowych. Niemniej ważne są zastosowania reakcji jądrowych w nauce i technice.

1. Jądro atomu

Jądrem atomowym nazywamy obszar o dużej gęstości znajdujący się w centrum atomu. Jądro atomowe jest o kilka rzędów wielkości mniejsze od rozmiaru samego atomu. Jest ono obdarzone ładunkiem dodatnim.

Jądro atomowe zbudowane jest z protonów i neutronów zwanych razem nukleonami. Protony mają ładunek dodatni, neutrony są elektrycznie obojętne. Obie cząstki mają zbliżone masy.

Skład jądra atomowego symbolicznie oznaczamy jako:



gdzie:

X - symbol chemiczny pierwiastka,

Z - liczba atomowa informująca o liczbie protonów w jądrze,

A - liczba masowa równa liczbie nukleonów (sumie protonów i neutronów) w jądrze.

Liczba neutronów to różnica liczby masowej i porządkowej czyli $A - Z$.

2. Izotopy

Izotopy to różne postacie tego samego pierwiastka różniące się liczbą neutronów w jądrze. Jądra izotopów mają tę samą liczbę atomową, natomiast różną liczbę masową.

Izotopy danego pierwiastka mają takie same właściwości chemiczne, ale różne właściwości fizyczne.

Wodór to jedyny pierwiastek, którego naturalne izotopy mają swoje nazwy własne: prot (1H), deuter (2H) i tryt (3H).

Prot, najpowszechniej występujący izotop wodoru, składa się z protonu i elektronu. Prot i deuter są to izotopy stabilne. Tryt jest izotopem radioaktywnym.

3. Defekt masy

Masa jądra jest mniejsza niż suma mas poszczególnych jego składników. Defekt masy lub inaczej deficyt masy, który jest różnicą między sumą mas składników jądra a jego masą, jest równoważny energii uwolnionej podczas tworzenia jądra.

Deficyt masy oblicza się za pomocą wzoru:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_j$$

gdzie m_p jest masą protonu, m_n jest masą neutronu a m_j jest masą jądra.

4. Energia wiązania

Między nukleonami w jądrze działają przyciągające siły jądrowe (zwane również oddziaływaniem silnym), które nie zależą od ładunku elektrycznego. Mają one bardzo duże wartości, ale krótki zasięg. W wyniku działania tych sił nukleony są ze sobą silnie związane.

Energia wiązania jądra odpowiada za różnicę między rzeczywistą masą jądra a sumą mas jego składników. Jest to energia niezbędna do utrzymania jądra razem.

Zgodnie z prawem Einsteina o równoważności masy i energii, energia wiązania jądra wynosi:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

gdzie Δm jest deficytem masy, c prędkością światła.

Energia wiązania jądra lekkiego rośnie wraz z liczbą masową atomu.

5. Promieniowanie jądrowe

Jądra niektórych atomów są niestabilne. Atomy te (izotopy pierwotne) ulegają spontanicznemu rozpadowi tworząc bardziej stabilny atom (izotop pochodny) i emitują przy tym promieniowanie radiacyjne. Substancje emitujące promieniowanie nazywane są radioaktywnymi.

Występują trzy rodzaje promieniowania jądrowego:

- alfa (α) – są zbudowane z 2 protonów i 2 neutronów. Mają dodatni ładunek równy dwukrotnemu ładunkowi elementarnemu i są identyczne z jądrami helu. Mają małą

zdolność przenikania materii. Można je zatrzymać za pomocą kartki papieru;

- beta (β) – cząstki beta mają ujemny ładunek i masę stanowiącą 1/2000 masy protonu. Są elektronami (lub pozytonami) wytworzonymi w jądrze w wyniku rozpadu promieniotwórczego zwanego rozpadem beta (nie są to elektrony pochodzące z powłok atomu). Są one bardzo lekkie i poruszają się szybko. Zatrzymać go może cienka płyta z aluminium;

- gamma (γ) – promienie gamma są falami elektromagnetycznymi, nie cząstkami. Nie mają masy, ani ładunku. Promieniowanie gamma ma największą zdolność przenikania materii. Niskoenergetyczne promienie gamma przenikają przez powietrze, papier lub cienką warstwę metalu. Wysokoenergetyczne promienie może zatrzymać jedynie kilka centymetrów ołowiu lub kilka metrów betonu.

6. Dawka promieniowania

Wielkości i jednostki używane do pomiaru radioaktywności i jej skutków:

- Aktywność promieniotwórcza (A) odnosi się do ilości promieniowania jonizującego uwalnianego przez daną substancję. Reprezentuje ona liczbę atomów ulegających rozpadowi w danym okresie czasu. Jednostką w układzie SI jest bekerel (Bq).

$$A = \frac{N}{t}$$

gdzie N jest liczbą rozpadów, t – jednostka czasu.

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ rozpad}}{1 \text{ s}}$$

- Napromieniowanie opisuje ilość promieniowania przechodzącego przez powietrze.

Jednostką jest $\frac{\text{kulomb}}{\text{kilogram}}$ ($\frac{C}{kg}$).

- Dawka pochłonięta (D) odnosi się do ilości promieniowania pochłoniętego przez obiekt lub osobę. Jednostką w układzie SI jest grej (Gy).

$$D = \frac{E}{m}$$

gdzie E – energia promieniowania pochłoniętego przez ciało, m – masa ciała.

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

Tradycyjną jednostką dawki pochłoniętej jest rad, 1 Gy = 100 rad.

- Dawka równoważna opisuje ilość promieniowania pochłoniętego przez człowieka, skorygowana przez rodzaj promieniowania, opisany przez współczynnik wagowy promieniowania i wpływ na poszczególne narządy. Jednostką w układzie SI jest siwert (Sv).

7. Okres połowicznego rozpadu

Szybkość rozpadu promieniotwórczego mierzy się przy pomocy pojęcia czasu połowicznego rozpadu.

Okres połowicznego rozpadu jest to czas potrzebny na to, by radioaktywność danego izotopu zmalała o połowę i oznaczany jest jako T lub $T_{1/2}$. Po dwóch okresach połowicznego rozpadu wielkość próbki zmniejszy się czterokrotnie, po trzecim okresie połowicznego rozpadu pozostanie jedna ósma atomów, które nie uległy rozpadowi, i tak dalej. Okres połowicznego rozpadu nie zależy od wieku jąder ani od ich ilości.

Rozpad radioaktywny w funkcji czasu ma charakter wykładniczy.

8. Prawo rozpadu promieniotwórczego

Prawo rozpadu promieniotwórczego opisuje statystycznie, w jaki sposób zachowują się duże ilości nuklidów. Mówi ono, że:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N(t) \cdot \Delta t$$

gdzie $N(t)$ jest całkowitą liczbą radioaktywnych jąder, które nie uległy przemianie, w danej chwili t , ΔN jest liczbą radioaktywnych jąder, które rozpadły się w przedziale czasu Δt .

Prawdopodobieństwo przemiany jądrowej jest różne dla każdego jądra radioaktywnego i wyrażone jest przy pomocy stałej rozpadu λ . Jednostką stałej rozpadu jest s^{-1} .

Radioaktywność danego obiektu mierzona jest jako ilość rozpadów w ciągu sekundy – im więcej ich jest, tym bardziej jest on radioaktywny.

Szybkość rozpadu mówi o tym, jaka jest aktywność danej próbki i jest zdefiniowana jako liczba rozpadów w danym przedziale czasu.

$$A(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Podstawową jednostką aktywności jest bekerel (Bq).

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ rozpad}}{1 \text{ s}}$$

9. Przemiany jądrowe

W procesie rozpadu promieniotwórczego jądro ulegające rozpadowi nazywa się jądrem macierzystym, a produkt procesu nazywa się jądrem potomnym. Prawo przesunięć, znane również jako prawo Soddy'ego i Fajansa, opisuje relacje między jądrem macierzystym a jądrem potomnym pod względem liczby atomowej i liczby masowej.

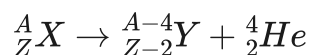
Podczas przemian jądrowych spełnione jest:

- Zasada zachowania liczby nukleonów – suma liczby nukleonów we wszystkich produktach rozpadu jest równa liczbie nukleonów przed rozpadem.

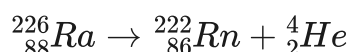
- Zasada zachowania ładunku – suma ładunków w produktach rozpadu jest po rozpadzie taka sama jak przed rozpadem.
- Zasada masy i energii – suma mas i energii po rozpadzie jest taka sama jak przed rozpadem.

Rozpad α :

W rozpadzie α , nowy pierwiastek ma liczbę atomową mniejszą o 2 i liczbę masową mniejszą o 4 od macierzystego radioizotopu. Rozpad α można wyrazić jako:

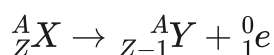
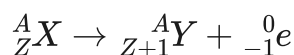


Przykład: W rozpadzie α rad ${}^{226}_{88}Ra$ ulega przemianie w radon ${}^{222}_{86}Rn$.

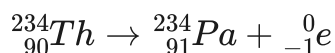


Rozpad β :

W rozpadzie β (emitowana cząstka jest elektronem lub protonem), liczba masowa pozostaje niezmienną, podczas gdy liczba atomowa zwiększa się lub zmniejsza się o 1 w stosunku do macierzystego radioizotopu. Rozpad β można wyrazić jako:



Przykład: W rozpadzie β tor ${}^{234}_{90}Th$ ulega przekształceniu w protoaktywność ${}^{234}_{91}Pa$.



Rozpad γ :

Kiedy radioaktywne jądro emituje promieniowanie γ , zmienia się tylko poziom energii jądra, a liczba atomowa i liczba masowa pozostają takie same.

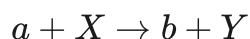
Podczas rozpadu α lub β jądro potomne znajduje się przeważnie w stanie wzbudzonym. Powrót do stanu podstawowego wiąże się z emisją promieniowania γ .

Przykład: Podczas przemiany radu ${}^{226}_{88}Ra$ w radon ${}^{222}_{86}Rn$, radon powraca ze stanu wzbudzonego do stanu podstawowego i emitowane jest promieniowanie γ o energii 0,187 MeV.

10. Reakcje jądrowe

W procesach jądrowych, w których zderzają się dwa jądra lub nukleony, powstają produkty inne niż początkowe cząstki. Proces ten nazywa się reakcją jądrową. Reakcja jądrowa nie zachodzi spontanicznie, lecz musi dojść do zderzenia dwóch cząstek.

Reakcję jądrową, podobnie jak w przypadku rozpadów jądrowych, można przedstawić za pomocą równania zbilansowanego:



gdzie, X – jądro bombardowanego pierwiastka, tzw. tarcza:

a – cząstka bombardująca;

Y – jądro powstałe w czasie reakcji;

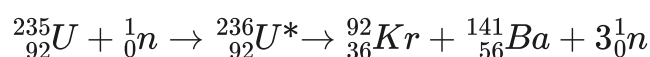
b – cząstka powstała w czasie reakcji.

11. Rozszczepienie jądra atomowego

Rozszczepienie jądrowe jest rodzajem reakcji jądrowej, w której jądro dzieli się na mniejsze fragmenty o mniejszej masie. W procesie rozszczepienia powstają swobodne neutrony i promieniowanie gamma. W procesie tym uwalniana jest duża ilość energii.

Rozszczepienie jądrowe przeprowadzane jest w jądrowych reaktorach energetycznych.

Przykładowa reakcja:



[Grafika interaktywna]

12. Reakcja łańcuchowa

Podczas reakcji rozszczepienia uwalniane są neutrony. Mogą uderzać w inne jądra rozszczepialne i powodować ich rozszczepienie. Na wskutek tego zostaje uwolnionych coraz więcej neutronów, które z kolei mogą rozszczepić więcej jąder. Proces ten nazywany jest reakcją łańcuchową. Reakcja łańcuchowa w reaktorach jądrowych jest kontrolowana po to, by powstrzymać jej zbyt szybki przebieg. Reakcja łańcuchowa trwa tak długo, jak długo jądra rozszczepialne są obecne w próbce.

13. Elektrownia jądrowa

Elektrownie jądrowe spełniają podobną funkcję jak elektrownie na paliwa stałe – ich zadaniem jest dostarczanie energii. W przypadku elektrowni jądrowej jest energia uwalniana podczas reakcji łańcuchowej. Energia ta, wytworzona w reaktorze, wykorzystywana jest do zamiany wody w parę wodną, która z kolei napędza wirniki turbin. W wyniku tego powstaje energia elektryczna.

Reaktor jądrowy to podstawowy element elektrowni jądrowej, w którym zachodzi kontrolowana reakcja łańcuchowa.

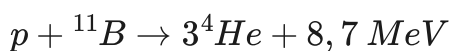
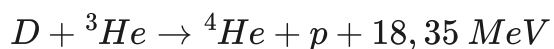
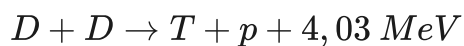
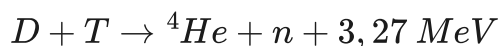
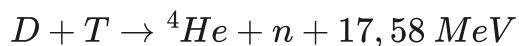
Najważniejsze elementy reaktora jądrowego stanowią:

- Paliwo – czyli materiał rozszczepialny np. wzbogacony uran, pluton.
- Moderator – substancja słabo absorbująca neutrony, której zadaniem jest ich spowolnienie np. ciężka woda, grafit.
- Pręty sterujące (kontrolne) i pręty bezpieczeństwa – zbudowane z substancji silnie pochłaniających neutrony, np. kadm, bor.
- Chłodziwo – substancja odprowadzająca ciepło z rdzenia reaktora np. woda, ciekły sól.

14. Synteza termojądrowa

Synteza jądrowa to rodzaj reakcji jądrowej, w której dwa lekkie jądra zderzają się ze sobą, tworząc pojedyncze, cięższe jądro. Jądro to jest niestabilne i rozpada się na bardziej stabilne produkty pochodne. W tym procesie, zgodnie z zasadą równoważności masy i energii, uwalniana jest energia, ponieważ masa nowego jądra jest mniejsza niż suma mas zderzających się jąder.

Niektóre możliwe reakcje syntezy jądrowej:



Procesy syntezy termojądrowej zachodzą:

- we wnętrzach gwiazd, również w naszym Słońcu;
- w bombach wodorowych;
- w reaktorach termojądrowych (jak dotąd tylko eksperymentalnych, pozbawionych zastosowań przemysłowych).

15. Detekcja promieniowania

Urządzenia służące do wykrywania i rejestrowania promieniowania jądrowego (jonizującego) nazywamy detektorami cząstek. Najczęściej są to urządzenia wykorzystujące zjawiska:

- jonizacji gazu (komora jonizacyjna, komora Wilsona, komora pęcherzykowa, licznik Geigera-Müllera);
- pobudzania pewnych substancji do świecenia (licznik scyntylicyjny);
- reakcji chemiczne (emulsja fotograficzna).

16. Promieniotwórczość w technice i medycynie

Sztuczna promieniotwórczość znalazła szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach:

- Energetyka – elektrownie, baterie jądrowe (używane np. do rozruszników serca).
- Medycyna – radioizotopy, znaczniki do badań diagnostycznych, leczenie chorób nowotworowych (bomba kobaltowa), akceleratory.
- Nauka – określanie wieku znalezisk archeologicznych metodą datowania radiowęglowego (datowanie izotopem ^{14}C), analiza aktywacyjna (bardzo czuła metoda badania składu pierwiastkowego próbki).
- Technika – silniki atomowe okrętów i statków kosmicznych, precyzyjne grubościomierze, świecące farby, czujniki dymu.
- Przemysł – wykrywanie defektów w elementach silników samolotowych, sterylizacja żywności i sprzętu medycznego, kontrola terminu ważności produktów.

Podsumowanie lekcji

Fizyka jądrowa to dziedzina fizyki, która zajmuje się strukturą jądra atomowego, bada zachodzące w nim procesy oraz procesy z udziałem jąder atomowych.

Lesson plan

Topic

Nuclear physics - summary

Level

Third

Core curriculum

XI. Nuclear physics. The student:

- 1) uses the concepts of the element, atomic **nucleus**, isotope, proton, neutron, electron to describe the composition of matter; describes the composition of the atomic nucleus on the basis of mass and atomic numbers;
- 2) writes nuclear reactions using the principle of conservation of the number of nucleons and the principle of charge conservation;
- 3) lists the properties of nuclear **radiation**; describes alpha, beta decays;
- 4) uses the concept of a stable and unstable nucleus; describes the formation of gamma radiation;
- 5) describes the decay of a radioisotope; uses the concept of half-life;
- 6) applies the principle of energy conservation to the description of nuclear reactions; uses the terms binding energy and mass deficit; calculates these quantities for any isotope;
- 7) indicates the influence of ionizing radiation on matter and on living organisms;
- 8) lists examples of the use of the phenomenon of radioactivity in technology and medicine;
- 9) describes the uranium ^{235}U nucleus **fission** reaction as a result of the neutron absorption; gives the conditions for the chain reaction;
- 10) describes the principle of operation of a nuclear power plant and lists the benefits and dangers of nuclear energy;
- 11) describes the thermonuclear reaction of hydrogen conversion into helium occurring in the stars;
- 12) describes elements of star evolution; discusses supernovae and black holes.

Timing

45 minutes

General learning objectives

Consolidates the knowledge about nuclear physics.

Key competences

1. Describes the structure of the atomic nucleus.
2. Describes the mechanism and types of **nuclear reaction**.
3. Describes the use of nuclear phenomena in science and technology.

Operational (detailed) goals

The student:

- explains the structure of the atomic nucleus.
- lists the types of nuclear reactions and their significance.

Methods

1. Discussion.
2. Text analysis.

Forms of work

1. Individual work.
2. Group work.

Lesson stages

Introduction

Prepare short statements explaining the following concepts:

1. Atomic nucleus.
2. Isotopes.
3. Mass defect.
4. Binding energy.
5. Nuclear radiation.
6. Radiation dose.

7. Half-life.
8. The law of radioactive decay.
9. Nuclear transformations.
10. Nuclear reactions.
11. Nuclear fission.
12. Chain reaction.
13. Nuclear power plant.
14. Thermonuclear fusion.
15. Radiation detection.
16. Radioactivity in technology and medicine.

Procedure

Nuclear physics deals with the structure of the atomic **nucleus**, investigates the processes occurring in it and processes involving atomic nuclei. No less important are the applications of nuclear reactions in science and technology.

1. Atomic nucleus

The atomic nucleus is the high density region located in the centre of the atom. The atomic nucleus is several orders of magnitude smaller than the size of the atom itself. It has a positive charge.

The atomic nucleus is made up of protons and neutrons called nucleons. Protons have a positive charge and neutrons are electrically neutral. Both particles have similar masses.

The composition of the atomic nucleus is symbolically written as:



where:

X - chemical symbol of the element,

Z - atomic number indicating the number of protons in the nucleus,

A - mass number equal to the number of nucleons (total number of protons and neutrons) in the nucleus.

The number of neutrons is the difference between mass and atomic numbers, or $A - Z$.

2. Isotopes

Isotopes are different forms of the same element that differ in the number of neutrons in the nucleus. The isotope nuclei have the same atomic number, while the different mass number.

The isotopes of a given element have the same chemical properties, but different physical properties.

Hydrogen is the only element whose natural isotopes have their own names: protium (1H), deuterium (2H) and tritium (3H).

Protium, the most commonly occurring hydrogen isotope, consists of a proton and an electron. Protium and deuterium are the stable isotopes. Third isotope tritium is radioactive.

3. Mass defect

The original mass of the nucleus is smaller than the sum of the masses of its individual components. A mass defect or otherwise a mass deficit, which is the difference between the sum of the masses of the nucleus constituents and its mass, is equivalent to the energy released during the formation of the nucleus.

The mass deficit is calculated using the formula:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_j$$

where m_p is the mass of proton, m_n is the mass of the neutron and m_j is the mass of the nucleus.

4. Binding energy

There are attractive nuclear forces acting between the nucleons in the nucleus (known as strong interactions), which do not depend on the electric charge. They have very large magnitude but a short range. As a result of these forces, the nucleons are strongly bound to each other.

The nuclear binding energy is responsible for the difference between the actual mass of the **nucleus** and the sum of the masses of its constituents. It is the energy necessary to keep the nucleus together.

According to Einstein's law of the equivalence of mass and energy, the binding energy of the nucleus is:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

where Δm is the mass deficit, c the speed of light.

For the light atomic nuclei the nuclear binding energy increases with the mass number.

5. Nuclear radiation

The nuclei of some atoms are unstable. These atoms (primary isotopes) undergo spontaneous decay creating a more stable atom (a descendant isotope) and emit radiation. The substances emitting radiation are called radioactive.

There are three types of nuclear radiation:

- alpha (α) - are made up of 2 protons and 2 neutrons. They have a positive charge equal to twice the elementary charge and are identical to helium nuclei. They have a low penetration ability. You can stop them with a piece of paper;
- beta (β) - beta particles have a negative charge equal to the elementary charge and a mass of 1/2000 of the mass of the proton. They are electrons (or positrons) produced in the nucleus as a result of a radioactive decay called beta decay (they are not electrons from atomic shells). They are very light and move quickly. It can be stopped by a thin aluminium plate;
- gamma (γ) - gamma rays are electromagnetic waves, not particles. They do not have mass or charge. Gamma radiation has the highest penetrating power. Low energy gamma rays penetrate through air, paper or a thin layer of metal. High energy rays can be stopped only by a few centimetres of lead or a few meters of concrete.

6. Radiation dose

The quantities and units used to measure radioactivity and its effects:

- Radioactivity (A) refers to the amount of ionizing radiation released by a given substance. It represents the number of atoms decaying over a given period of time. The unit in the SI system is becquerel (Bq).

$$A = \frac{N}{t}$$

where N is the number of decays, t - time unit.

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ decay}}{1 \text{ s}}$$

- Radiation exposure describes the ionization of air due to radiation. The unit is a $\frac{\text{coulomb}}{\text{kg}}$ ($\frac{\text{C}}{\text{kg}}$).

- Absorbed dose (D) refers to the amount of radiation absorbed by an object or person. The unit in the SI system is gray (Gy).

$$D = \frac{E}{m}$$

where E - radiation energy absorbed by the body, m - body mass.

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

The traditional dose unit is rad, $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

- Effective dose describes the amount of **radiation** absorbed by humans, corrected by the type of radiation, described by the weight ratio of radiation and the effect on particular organs. The unit in the SI system is the sievert (Sv).

7. Half-life

The rate of radioactive decay is measured using the concept of half-life.

The half-life is the time required for the radioactivity of a given isotope to be reduced by half and is denoted as T or $t_{1/2}$. After two half-lives the size of the sample is quartered, after third half-life an eighth of atoms is left intact and so on. The half-life does not depend on the age of the nuclei or the sample size.

Radioactive decay as a function of time is exponential.

8. The law of radioactive decay

The law of radioactive decay describes the statistical behaviour of a large number of nuclides. It says that:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N(t) \cdot \Delta t$$

where $N(t)$ is the total amount of radioactive untransformed nuclei at a time t , ΔN is the number of radioactive nuclei decayed in the time Δt .

The probability of a nuclear transformation is different for each radioactive nucleus and can be expressed by the decay constant λ . The unit of the decay constant is s^{-1} .

The radioactivity of an object is measured by the number of nuclear decays it emits each second – the more it emits, the more radioactive it is.

The decay rate is known as the activity of a particular sample and is defined as a number of decays at any given moment.

$$A(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

The basic unit of activity is the becquerel (Bq).

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ decay}}{1 \text{ s}}$$

9. Nuclear transformations

In the process of radioactive decay, the decaying **nucleus** is called the parent nucleus, and the process product is called the daughter nucleus. The law of radioactive displacements,

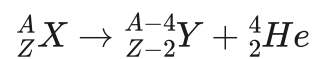
also known as Soddy and Fajans law, describes the relationship between the parent nucleus and the daughter nucleus in terms of atomic number and mass number.

During nuclear transformations, the following is met:

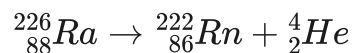
- The principle of number of nucleons conservation - the sum of the number of nucleons in all decay products is equal to the number of nucleons before decay.
- The principle of charge conservation - the sum of charges in the products of decay is the same before the decay as after the decay.
- The principle of mass and energy - the sum of masses and energy after the decay is the same as before the decay.

α decay:

In α decay, the new element has an atomic number less by 2 and a mass number less by 4 than the parent radioisotope. The α decay can be expressed as:

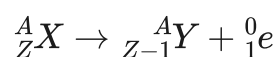
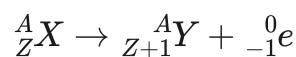


Example: In the α decay radon ${}^{226}_{88}Ra$ is transformed into radon ${}^{222}_{86}Rn$.

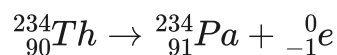


β decay:

In the β decay (the emitted particle is an electron or positron), the mass number remains unchanged, while the atomic number increases or decreases by 1 relative to the parent radioisotope. The β decay can be expressed as:



Example: In β decay thorium ${}^{234}_{90}Th$ is transformed into protactinium ${}^{234}_{91}Pa$.



At the same time, either an α particle or a β particle is emitted. Both cannot be emitted simultaneously during a single decay.

γ decay:

When the radioactive nucleus emits γ radiation, only the energy level of the nucleus changes, and the atomic number and mass number remain the same.

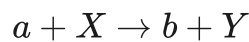
During the decay of α or β , the daughter nucleus is usually in an **excited** state. Return to the ground state is associated with the **emission** of γ -radiation.

Example: During the radon ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ transformation into radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, radon returns from the **excited** state to the ground state and γ radiation of 0,187 MeV is emitted.

10. Nuclear reactions

In nuclear processes in which two nuclei or nucleons collide, different products than the initial particles are produced. This process is called a **nuclear reaction**. The nuclear reaction does not occur spontaneously, but two particles must collide.

The nuclear reaction, as in the case of nuclear decays, can be presented by a balanced equation:



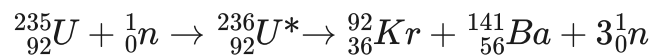
where, X - target **nucleus**; a - bombarding particle (projectile); Y - final nucleus; b - produced particle (ejectile).

11. Nuclear fission

Nuclear **fission** is a type of nuclear reaction in which the nucleus is divided into smaller fragments of smaller mass. The fission process produces free neutrons and gamma rays. In this process, a large amount of energy is released.

Nuclear fission is carried out in nuclear energy reactors.

Example of the reaction:



[Interactive graphics]

12. Chain reaction

During the **fission reaction**, neutrons are released. They may hit other fissile nuclei and cause them to split. Even more neutrons are then released, which in turn can split more nuclei. This is called a **chain reaction**. The chain reaction in nuclear reactors is controlled to stop it going too fast. The chain reaction is ongoing so long as the fissile nuclei are present in the sample.

13. Nuclear power plant

Nuclear power plants perform a similar function as solid fuel power plants - their task is to supply energy. In the case of a nuclear power plant, energy is released during chain reaction. This energy, created in the reactor, is used to convert water into steam, which in turn drives the turbine rotors. As a result, electricity is generated.

A nuclear reactor is a basic element of a nuclear power plant in which a controlled chain reaction takes place.

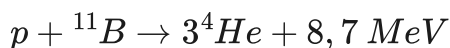
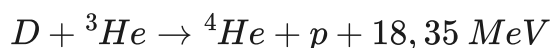
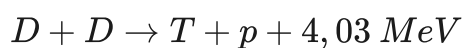
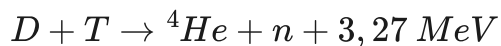
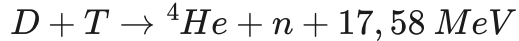
The most important elements of a nuclear reactor are:

- Fuel - i.e. fissile material, e.g. enriched uranium, plutonium.
- Moderator - a substance weakly absorbing neutrons, whose task is to slow them down, for example, heavy water, graphite.
- Control rods and safety rods - made of substances strongly absorbing neutrons, e.g. cadmium, boron.
- Coolant - a substance that discharges heat from the reactor core, e.g. water, liquid sodium.

14. Thermonuclear fusion

Nuclear **fusion** is a type of **nuclear reaction** where two light nuclei collide together to form a single, heavier **nucleus**. This nucleus is unstable and decay into more stable daughter products. In this process, according to the principle of mass-energy equivalence the energy is released because the mass of the new nucleus is less than the sum of the colliding masses.

Some possible fusion reactions:



Thermonuclear **fusion** processes take place:

- in the interiors of stars, also in our Sun;
- in hydrogen bombs;
- in thermonuclear reactors (so far only experimental, devoid of industrial applications).

15. **Radiation** detection

Devices for detecting and recording nuclear (ionizing) radiation are called particle detectors. Most often these are devices that use the phenomena:

- gas ionization (ionization chamber, Wilson chamber, bubble chamber, Geiger-Müller counter);

- excitation of certain substances to emit light (scintillation counter);
- chemical reaction (photographic emulsion).

16. Radioactivity in technology and medicine

Artificial radioactivity has found wide application in many areas:

- Power engineering - power plants, nuclear batteries (used, for example, for pacemakers).
- Medicine - radioisotopes, markers for diagnostic tests, treatment of cancerous diseases (cobalt bomb), accelerators.
- Science - determining the age of archaeological finds by radiocarbon dating method (^{14}C -dating), activation analysis (a very sensitive method of studying the elemental composition of a sample).
- Technique - atomic engines of ships and spacecraft, precise thickness gauges, glowing paints, smoke detectors.
- Industry - detection of defects in the elements of aircraft engines, sterilization of food and medical equipment, control of the expiry date of products.

Lesson summary

Nuclear physics is the branch of physics dealing with the structure of the atomic nucleus, investigates the processes occurring in it and processes involving atomic nuclei.

Selected words and expressions used in the lesson plan

emission

excited

fission

fusion

half-live

ionisation

nuclear reaction

nucleus

radiation

source