

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

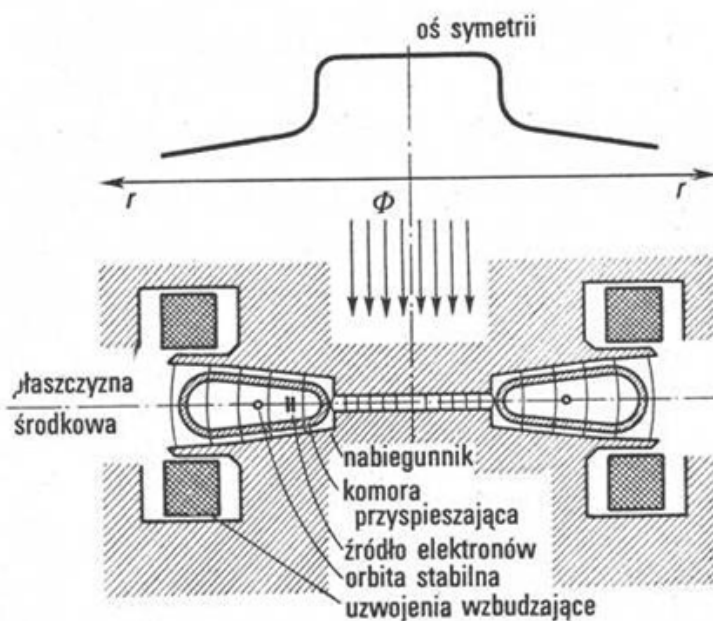
[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Metoda betatronowa

**Pierwszy betatron czyli akcelerator kołowy do przyspieszania elektronów został skonstruowany w USA w 1940 roku przez Donalda Williama Kerst'a [1, 2, 3].**

Energia uzyskana w tym akceleratorze to jedyne 2,35 MeV, betatron zbudowany 2 lata później uzyskał energię 10 krotnie większą 20 MeV. Oba zbudowane były z pierścieniowej komory próżniowej umieszczonej pomiędzy biegunami elektromagnesu. Elektromagnes ten zasilany jest sinusoidalnym napięciem o częstotliwości sieci (źródło prądu zmiennego). Do komory wtryskiwane są wstępnie przyspieszone elektrony na tzw. orbitę stabilną, których tor jest zakrzywiany przez pole magnetyczne. Zatem elektrony poruszają się po torze w przybliżeniu kołowym. W komorze zostają tylko te elektrony które mają prędkość o takiej wartości, że promień ich obiegu jest równy promieniowi komory (rzędu kilkudziesięciu keV). W wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej

pole magnetyczne wzrasta. Pole to w betatronie pełni podwójną funkcję: (1) zakrzywia tor elektronów i utrzymuje ją na orbicie kołowej oraz (2) indukuje napięcie wirowe, które nadaje elektronom przyspieszenie styczne do orbity [4].



Rys. 1 Schemat budowy betatronu [5]

### Zasada działania [4, 6]

Układ elektromagnesów zasilany jest prądem wzbudzającym o natężeniu  $I$ . W czasie narastania składowej pola magnetycznego  $H$  powstaje w płaszczyźnie poziomej składowa elektryczna  $E$  o charakterze wirowym. Gdy elektrony uzyskają maksymalną energię są one kierowane na wylot lub tarczę. W czasie cyklu przyspieszania elektrony wykonują w akceleratorze setki tysięcy obiegów. Czas cyklu pracy betatronu jest uzależniony od częstotliwości sieci, dla Europy to 50Hz, zaś w warunkach amerykańskich 60Hz. Należy pamiętać, że cykl przyspieszania elektronu musi nastąpić przed osiągnięciem przez indukcję magnetyczną wartości maksymalnej, dlatego też betatrony zaopatrzone są w tzw. uzwojenie ekspansyjne. Cykl w warunkach europejskich trwa 5ms, przed upływem tego czasu do dodatkowego uzwojenia ekspansyjnego dostarcza się impuls prądowy trwający krócej od pełnego cyklu. Zabieg ten powoduje wzrost promienia orbity poruszającego się elektronu od orbity stabilnej elektronu, co powoduje, że zaczynają się zbliżać do ścian komory ruchem spiralnym. Ściany komory nie stanowią bariery dla elektronów wysokich energii. Szybkie wyprowadzenie elektronów poza komorę umożliwia okienka w komorze. Okienko to zbudowane jest z materiału lżejszego i o mniejszej gęstości np. folii metalowej. Maksymalne uzyskiwane energie sięgają 300 MeV.

### Teoria doświadczalna [7]

Warunkiem ruchu elektronów po orbicie stabilnej jest pole magnetyczne spełniające zależność (1):

$$\theta_0 = 2\pi r_0 2H_0 \quad (1)$$

gdzie:

$\theta_0$  - strumień pola magnetycznego przechodzącego przez powierzchnię ograniczoną orbitą o promieniu  $r_0$ ,

$r_0$  - promień orbity stabilnej

$H_0$  - natężenie pola magnetycznego na promieniu  $r_0$

Aby warunek ten został spełniony stosuje się:

- a. odpowiednie ukształtowanie biegunów magnesu,
- b. materiały magnetyczne o większej przenikalności magnetycznej bliżej środka komory.

Jak w większości akceleratorów przyspieszanie elektronów do prędkości porównywalnych z prędkością światła napotyka się wówczas na problem relatywistycznego wzrostu masy przyspieszanej co sprawia, że przyspieszane cząstki wypadają z akceleratora.

## Zastosowanie

Betatrony stanowiły ważny element terapii rutynowej. W szczególności w połączeniu z promieniowaniem X. Mimo, iż bardzo dobrze ogniskują one wiązkę, betatrony wycofano z produkcji w celach medycznych (niemożność uzyskiwania dużych dawek oraz utrudnione manewrowanie).

Betatrony używane są obecnie w przemyśle i w medycynie jako źródło cząstek lub źródło promieniowania, w fizyce stanowi jedynie urządzenie dydaktyczne. W fizyce jądrowej częściej stosuje się akceleratory umożliwiające uzyskanie wyższych energii cząstek przyspieszanych np. synchrotrony.

**Autor: Katarzyna Czuba**

## Literatura

1. D. W. Kerst, (1940). "Acceleration of Electrons by Magnetic Induction". Physical Review 58 (9): 841
2. D. W. Kerst, (1941). "The Acceleration of Electrons by Magnetic Induction". Physical Review 60: 47-53.
3. D., W. Kerst ; R. Serber, (Jul 1941). "Electronic Orbits in the Induction Accelerator". Physical Review 60 (1): 53-58.
4. W. Scharf, Akceleratory biomedyczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994
5. W. Scharf, Akceleratory cząstek naładowanych i ich zastosowania, PWN, Warszawa 1987
6. <http://physics.illinois.edu/>
7. Wille, Klaus (2001). Particle Accelerator Physics: An Introduction. Oxford University Press

<http://laboratoria.net/arttykul/15512.html>

**Informacje dnia:** [Jak poradzić sobie z końcem wakacji? Zalecenia w sprawie mpox są racjonalne i adekwatne](#) [Przydatność organów do przeszczepu](#) [Naukowcy zbadali, jak powstają nowe słowa w mediach społecznościowych](#) [Telefony komórkowe nie powodują nowotworów mózgu](#) [Ryzyko zawału i udaru mózgu u kobiet](#) [Jak poradzić sobie z końcem wakacji? Zalecenia w sprawie mpox są racjonalne i adekwatne](#) [Przydatność organów do przeszczepu](#) [Naukowcy zbadali, jak powstają nowe słowa w mediach społecznościowych](#) [Telefony komórkowe nie powodują nowotworów mózgu](#) [Ryzyko zawału i udaru mózgu u kobiet](#) [Jak poradzić sobie z końcem wakacji? Zalecenia w sprawie mpox są racjonalne i adekwatne](#) [Przydatność organów do przeszczepu](#) [Naukowcy zbadali, jak powstają nowe słowa w mediach społecznościowych](#) [Telefony komórkowe nie powodują nowotworów mózgu](#) [Ryzyko zawału i udaru mózgu u kobiet](#)

## **Partnerzy**