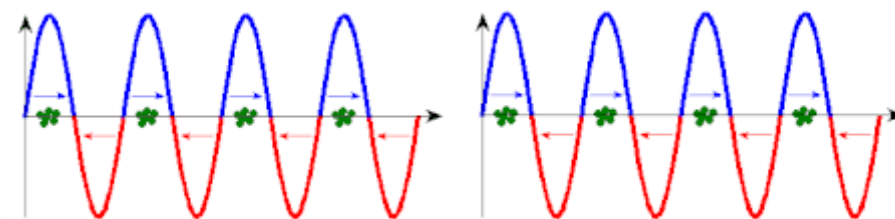
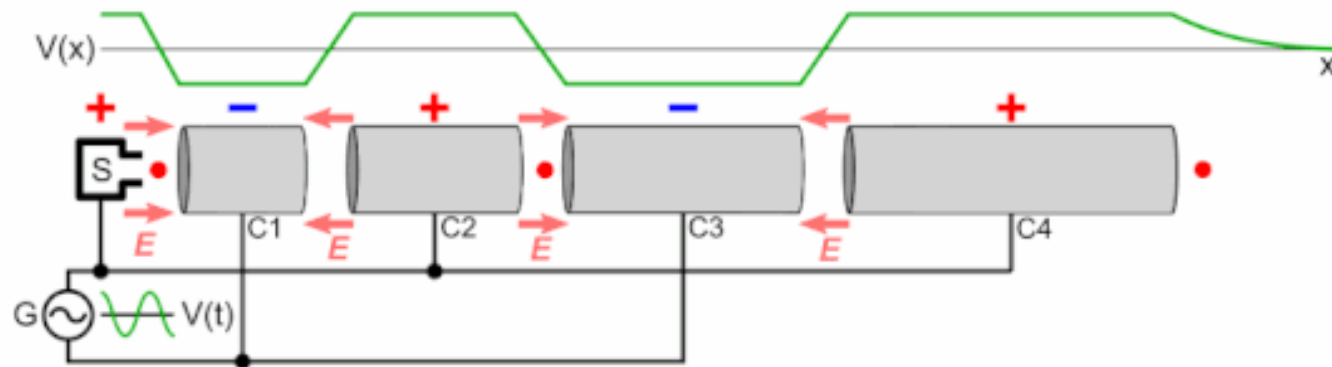
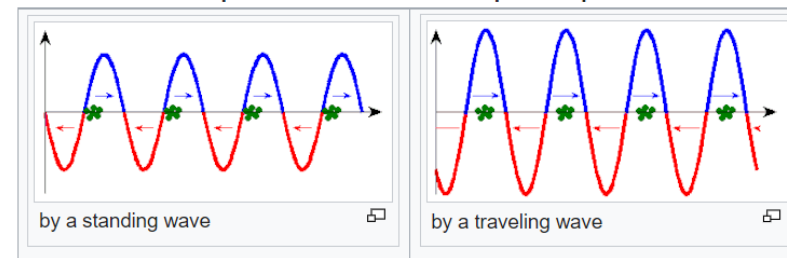


Acceleratorul linear de particule - Wikipedia



Principle of the acceleration of particle packets



Acceleratorul linear de particule (**LINAC**) este un echipament care accelerează particule subatomice încărcate electric sau ioni, la o viteză ridicată, prin trecerea fluxului de particule printr-o serie de potențiale electrice oscilatorii. Principiul de funcționare al acestuia a fost propus de către [Gustav Ising](#) în 1924,^[1] și primul echipament de acest tip a fost construit de către [Rolf Widerøe](#) în 1928^[2] la Universitatea [RWTH din Aachen](#)^{[3][4]}.





Acceleratoarele LINAC sunt folosite in diferite scopuri:

- pentru generarea razelor X si a electronilor de energie inalta pentru scopuri medicale in terapia cu radiatii
- ca injectoare de particule pentru acceleratoarele de inalta energie, folosite pentru obtinerea de energii cinetice inalte pentru particule usoare (electroni sau pozitroni) pentru studii in domeniul fizicii particulelor

Acceleratorul liniar medical (LINAC) este dispozitivul cel mai frecvent utilizat pentru tratamentele cu radiații cu fascicul extern pentru pacienții cu cancer. Acesta furnizează raze X de mare energie sau electroni în regiunea tumorii. Aceste tratamente pot fi concepute în așa fel încât să distrugă celulele canceroase, evitând în același timp țesutul normal din jur. LINAC este utilizat pentru tratarea tuturor zonelor corpului, folosind tehnici convenționale precum: terapia cu radiații cu intensitate modulată (IMRT), terapia prin arc volumetric modulat (VMAT), terapia prin radiație ghidată prin imagine (IGRT), radiochirurgia stereotactică (SRS) și radioterapia stereotactică corporală (SBRT).

Compania Varian Medical Systems foloseste un accelerator liniar de tip O-ring numit Halcyon. Acest instrument dispune de un strat dublu de colimatoare cu mai multe foi (MLC) care nu are filtru de aplatizare (FFF) și are un singur fascicul 6X-FFF. Cu acesta este posibila efectuarea de iradiere conformă tridimensională și radioterapie cu intensitate modulată (IMRT).



POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÁT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA



Acceleratorul liniar folosește tehnologia cu microunde (similară cu cea folosită pentru radar) pentru a accelera electronii într-o parte a acceleratorului numită „ghid de undă”, după care aceștia se ciocnesc cu o țintă de metal greu pentru a produce raze X de înaltă energie. Aceste raze X de înaltă energie sunt modelate pe măsură ce ies din accelarator pentru a se conforma cu forma tumorii pacientului, iar fasciculul personalizat este direcționat către tumora pacientului. Fasciculul este de obicei modelat de un colimator cu mai multe foi care este încorporat în capul mașinii. Pacientul stă întins pe o canapea mobilă de tratament și se folosesc lasere pentru a asigura poziția corectă a pacientului. Canapeaua de tratament se poate mișca în mai multe direcții, inclusiv în sus, în jos, la dreapta, la stânga, înăuntru și în afară. Fasciculul iese dintr-o parte a acceleratorului numită portal, care poate fi rotită în jurul pacientului. Radiațiile pot fi livrate tumorii din mai multe unghiuri prin rotirea portalului și deplasarea canapelei de tratament.

Siguranța pacientului este foarte importantă și este asigurată în mai multe moduri.

Înainte ca tratamentul să fie livrat pacientului, este elaborat un plan de tratament și aprobat de medicul oncolog în colaborare cu dozimetristul de radiații și fizicianul medical. Planul este verificat de două ori înainte de administrarea tratamentului și sunt efectuate proceduri de asigurare a calității pentru a se asigura că tratamentul va fi livrat conform planificării.



POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABES-BOLYAI
BABES-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABES-BOLYAI UNIVERSITÁT
BABES-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA



Asigurarea calității acceleratorului liniar este foarte importantă. Există mai multe sisteme încorporate în accelerator, astfel încât acesta să nu livreze o doză mai mare decât cea prescrisă de oncologul radioterapeut. În fiecare dimineață, înainte ca orice pacient să fie tratat, radioterapeutul efectuează verificări pe aparat pentru a se asigura că intensitatea radiației este uniformă pe fascicul și că funcționează corect. În plus, fizicianul medical efectuează verificări lunare și anuale mai detaliate ale acceleratorului liniar.

Acceleratoarele liniare moderne au și sisteme interne de verificare care nu permit pornirea mașinii decât dacă sunt îndeplinite toate cerințele de tratament prescrise.

În timpul tratamentului, radioterapeutul observă continuu pacientul folosind un monitor de televiziune cu circuit închis. Există, de asemenea, un microfon în camera de tratament, astfel încât pacientul să poată vorbi cu terapeutul dacă este necesar. Pentru a se asigura că poziția fasciculului nu diferă față de planul original sunt folosite instrumente de imagistică, cum ar fi CT cu fascicul conic și astfel de verificări se fac în mod regulat pentru a se asigura deplina siguranță a pacientului.



POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA



Siguranța personalului care operează acceleratorul liniar este de asemenea importantă. Acceleratorul liniar se află într-o cameră cu pereți de plumb și beton, astfel încât razele X de înaltă energie să fie protejate și nici o persoană din afara camerei să nu fie expus la razele X. Radioterapeutul trebuie să pornească acceleratorul din afara sălii de tratament. Deoarece acceleratorul emite radiații numai atunci când este pornit, riscul de expunere accidentală este extrem de scăzut.

Componentele unui accelerator liniar clinic

Componente externe

Canapea (sistemul de poziționare a pacientului): canapeaua sprijină și poziționează pacientul în timpul tratamentului. Canapele moderne facilitează poziționarea precisă a pacientului prin mișcarea de-a lungul axei x, y și z. Canapelele avansate pot include, de asemenea, capacitatea de a regla rularea, înclinarea și rotirea pacientului.

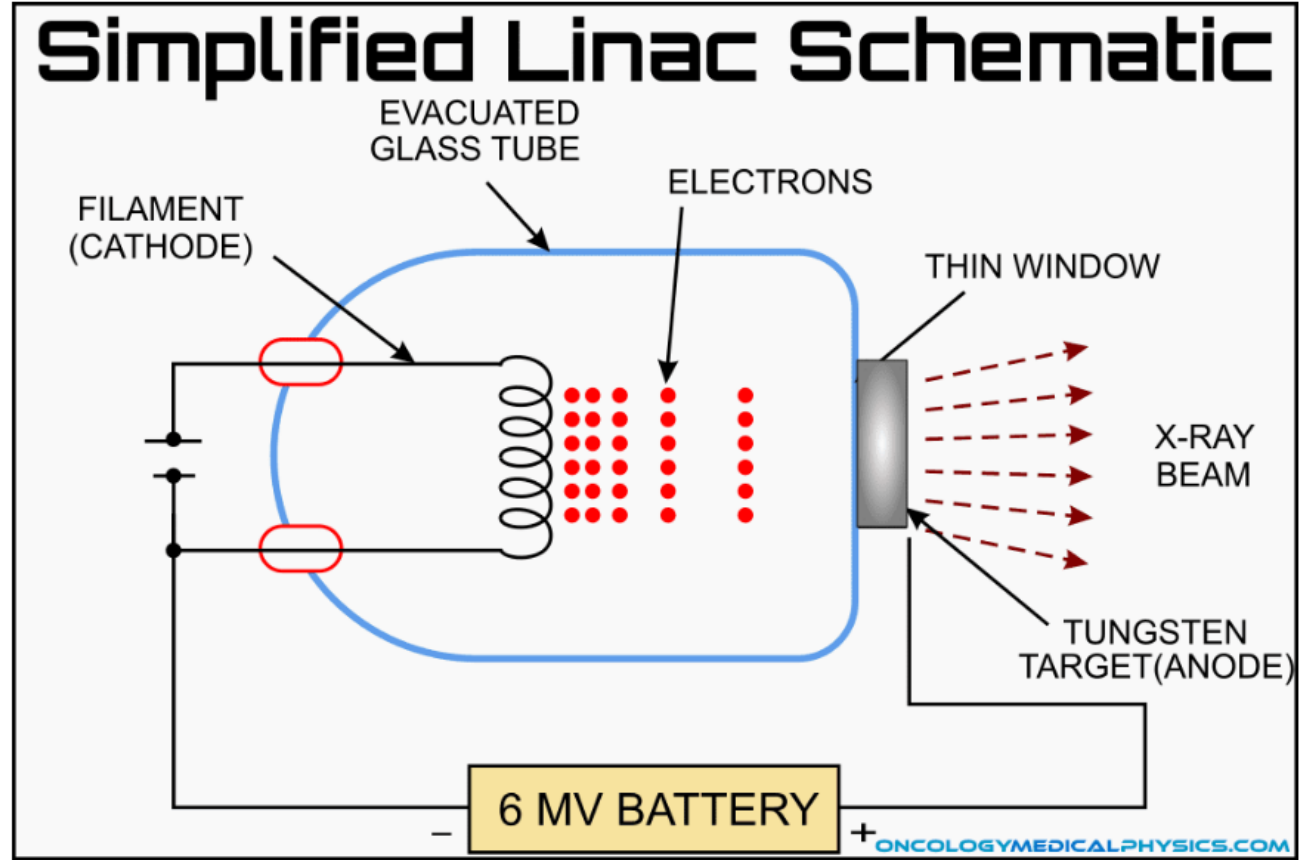
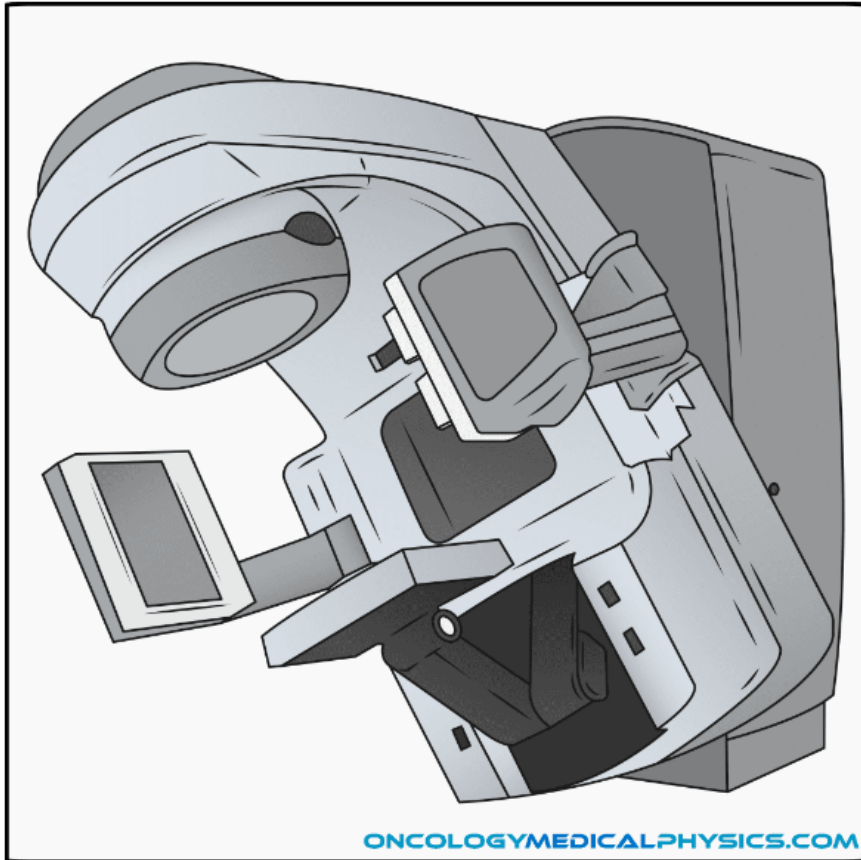


POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABES-BOLYAI
BABES-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABES-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABES-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA

Schema unui accelerator LINAC

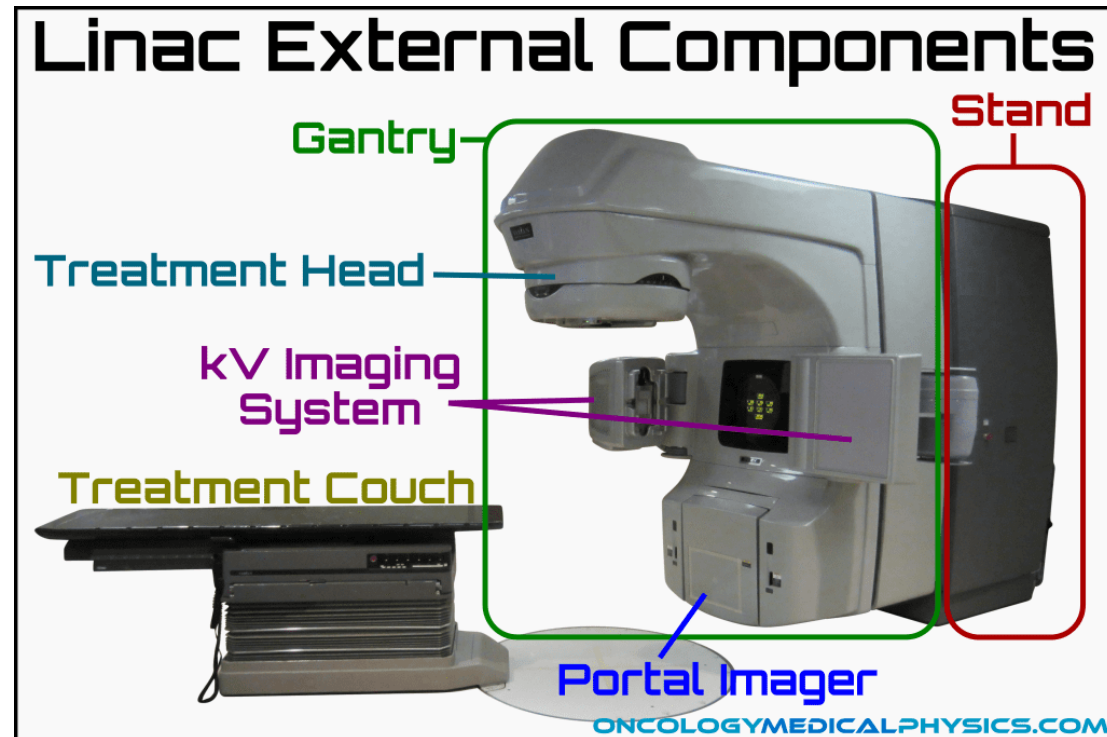


Dispozitivul de imagistică (EPID): dispozitivul de imagistică formează o imagine utilizând fasciculul de tratament MV. EPID-urile sunt instrumente valoroase pentru monitorizarea configurației pacientului și asigurarea calității.

Portic: Linac este montat pe un portal rotativ care este tratat din mai multe unghiuri.

Sistem de imagistică kV: Sistemul de imagistică de kilovoltaj constă dintr-un generator de raze X kV și un dispozitiv electronic de imagistică. Energia mai scăzută a acestui sistem de imagistică îmbunătățește contrastul, mai ales atunci când este utilizat pentru a genera un CT cu fascicul conic.

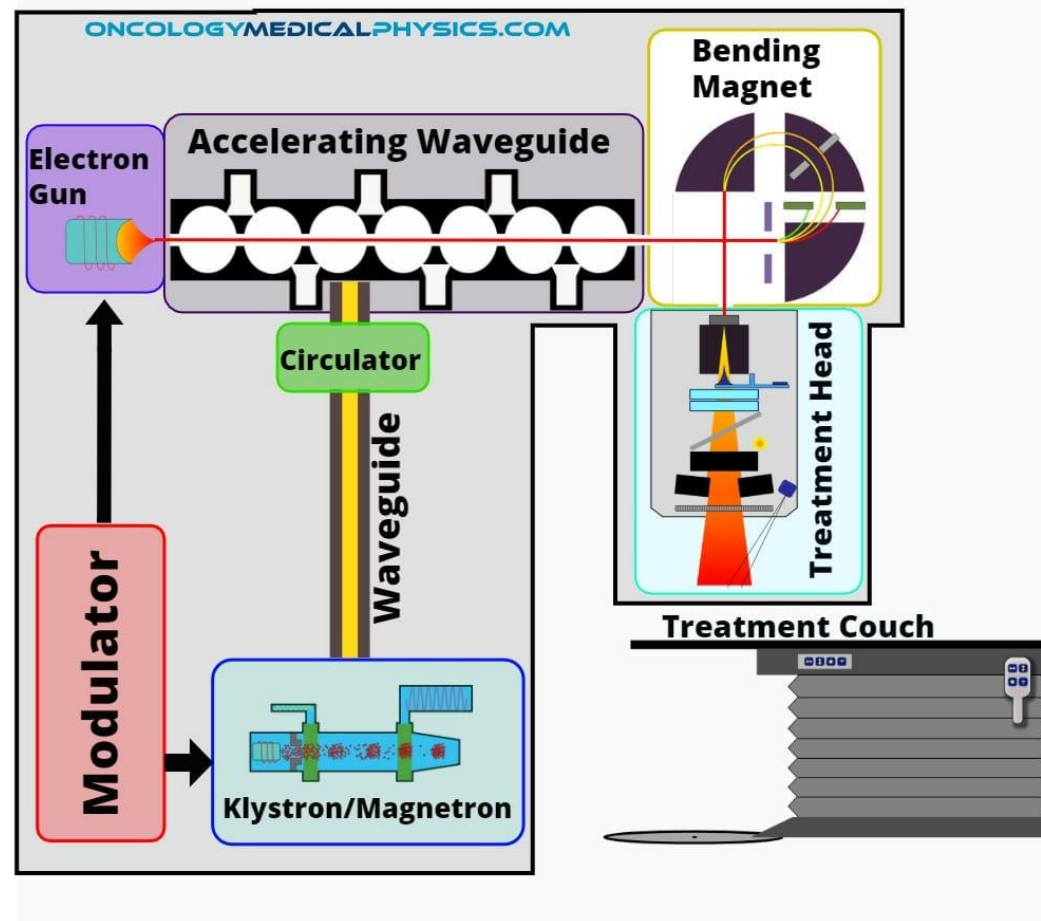
Stand: Standul conectează portalul de podeaua camerei de tratament și conține electronice și alte sisteme necesare pentru funcționarea linac.



Componente interne

Ghid de undă de accelerare: O serie de cavități de rezonanță cu microunde utilizate pentru a accelera fasciculul de electroni la energii înalte.

Magnet de deflexie: Magnetul de îndoire este o lentilă magnetică folosită pentru a focaliza și poziționa fasciculul pentru a intercepta ținta (pentru tratamente cu fotoni) sau folie de împrăștiere (pentru tratamente cu electroni). Unghiul de deflexie variază în funcție de producător, dar poate fi de 90° , $112,5^\circ$ sau 270° . Focalizarea magnetică este acromatică (nu se separă prin energie în punctul de focalizare).





Circulator: Un dispozitiv din ghidul de undă care este utilizat pentru a preveni reflectarea inversă a energiei de microunde către Klystron/Magnetron.

Sistem de răcire: Producerea unui fascicul de tratament clinic este un proces ineficient energetic din cauza pierderilor în generarea microundelor și accelerarea particulelor. Este necesar un sistem de răcire cu apă sau aer pentru a menține o temperatură de funcționare stabilă necesară pentru producerea constantă a energiei fasciculului.

Tunul de electroni: Un tun de electroni produce electroni care sunt accelerați în ghidul de undă de accelerare. Tunurile de electroni constau dintr-un filament încălzit ($\sim 800^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$) care produce un nor de electroni. Acești electroni sunt accelerați imediat de un câmp electrostatic scăzut ($\sim 40\text{kV}$). Tunurile de electroni cu diode constau dintr-un catod încălzit și un anod care stabilește tensiunea de accelerare. Tunurile de electroni cu triode au în plus o grilă de control între catod și anod, care servește la reținerea unei parti din electronii eliberați. Astfel, designul triodei permite un curent variabil al fasciculului, împiedicând o fracțiune variabilă de electroni să ajungă la accelerator.



POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA



Selector de energie: Un selector de energie poate fi plasat în cadrul rețelei de magneti de deflexie pentru a restrânge intervalul permis de energie electronică incidentă pe folia țintă/împrăștiere. Interval tipic a benzii de energie este de ordinul 6% (97%-103% din energia dorită).

Klystron/Magnetron: produc radiatia de microunde folosita pentru a alimenta ghidul de undă de accelerare.

Cap de tratament: Capul de tratament conține componentele necesare pentru producerea și modelarea fasciculului, inclusiv ținte, folii de împrăștiere, colimatoare de modelare a fasciculului și indicatorul optic de distanță.

Ghidul de undă: Ghidul de undă este un canal care direcționează puterea cu microunde de la Klystron/Magnetron către ghidul de undă de accelerare. Ghidul de undă este umplut cu un gaz izolator (de obicei, hexafluorura de sulf, SF₆) pentru a preveni arcul electric. Barierele ceramice transparente pentru microunde împiedică scurgerea SF₆ în spațiile de vid care umplu Klystron/Magnetron și ghidul de undă de accelerare.



POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABES-BOLYAI
BABES-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABES-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABES-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA



Referinte bibliografice

1. C J Karzmark, Advances in linear accelerator design for radiotherapy, Med. Phys., 1984, 11(2):105-128. doi: 10.1118/1.595617
2. [Linear Accelerator Basics | Oncology Medical Physics](#)
3. Thomas Tücking, Simeon Nill, Annete Seeber, Bernd Hesse, Peter Huber, Christoph Thilmann, Linac-integrated kV-cone beam CT: Technical features and first applications, Medical Dosimetry Volume 31, Issue 1, 2006, Pages 62-70
4. Haluk Yücel, İbrahim Çobanbaş, Asuman Kolbaşı, Alptuğ Özer Yüksel, Vildan Kaya, Measurement of Photo-Neutron Dose from an 18-MV Medical Linac Using a Foil Activation Method in View of Radiation Protection of Patients, Nuclear Engineering and Technology, Volume 48, Issue 2, April 2016, Pages 525-532



POCU 130631 Practică pentru o dezvoltare durabilă



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA