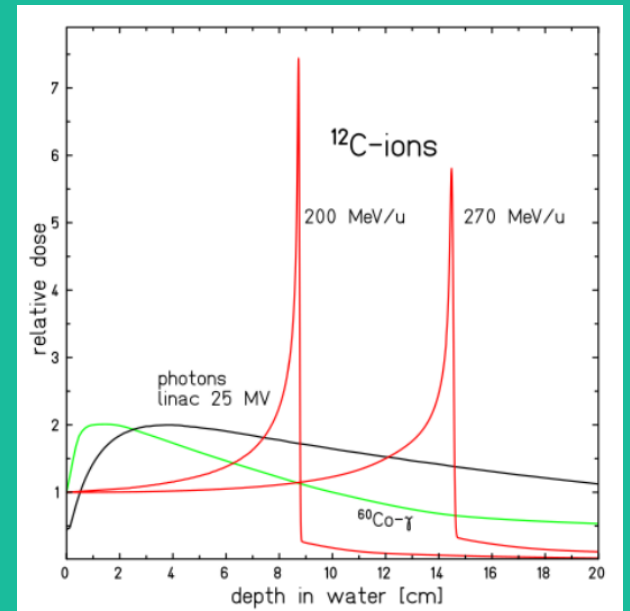


Fig. 17 Principle of the intensity-controlled raster scanning system at GSI [8]. The position of the



3: Particle therapy

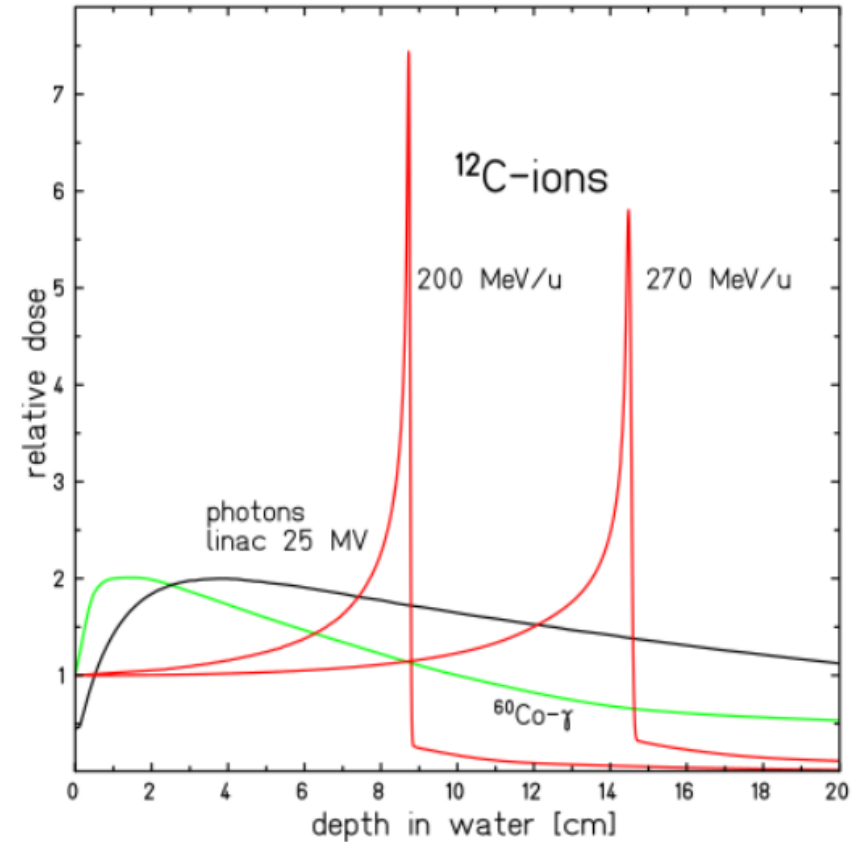
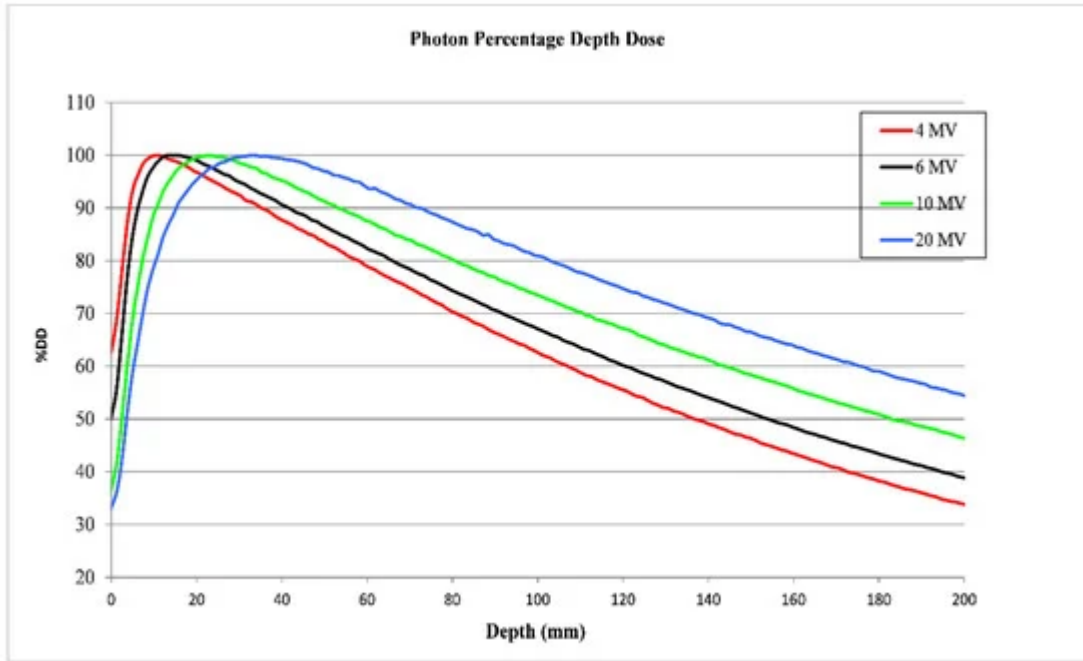
Yunsheng Dong

yunsheng.dong@mi.infn.it

30/04/2024

Depth-dose profile

percentage depth dose (PDD) curves from 4, 6, 10, and 20 MV photon beams



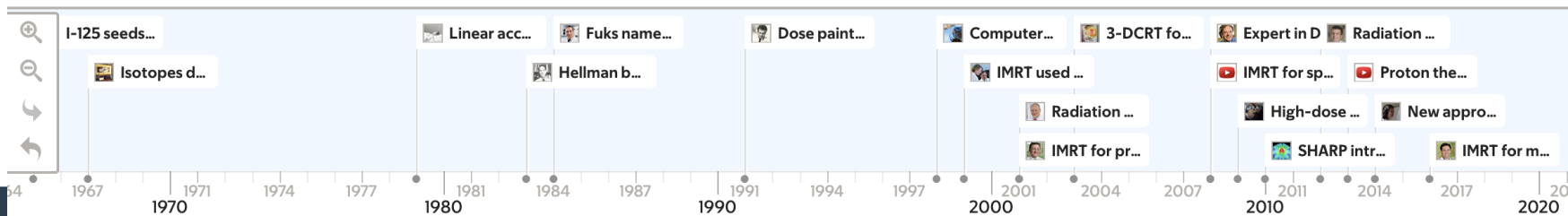
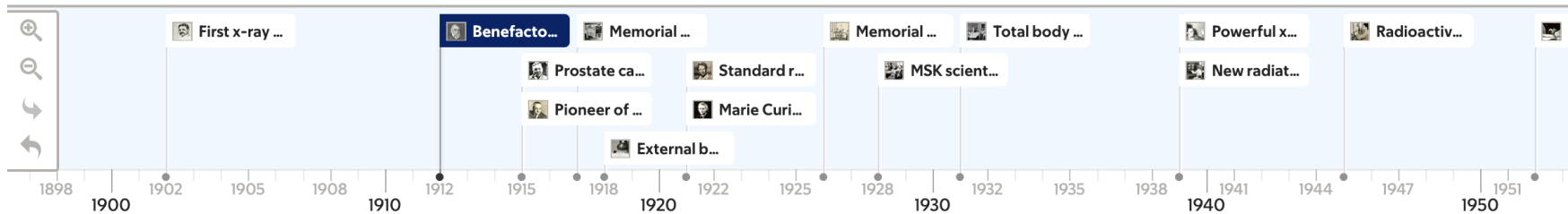
Question:
How to use photons to treat tumours?
Which parameters should be considered?

Radiotherapy with photons



Main properties:

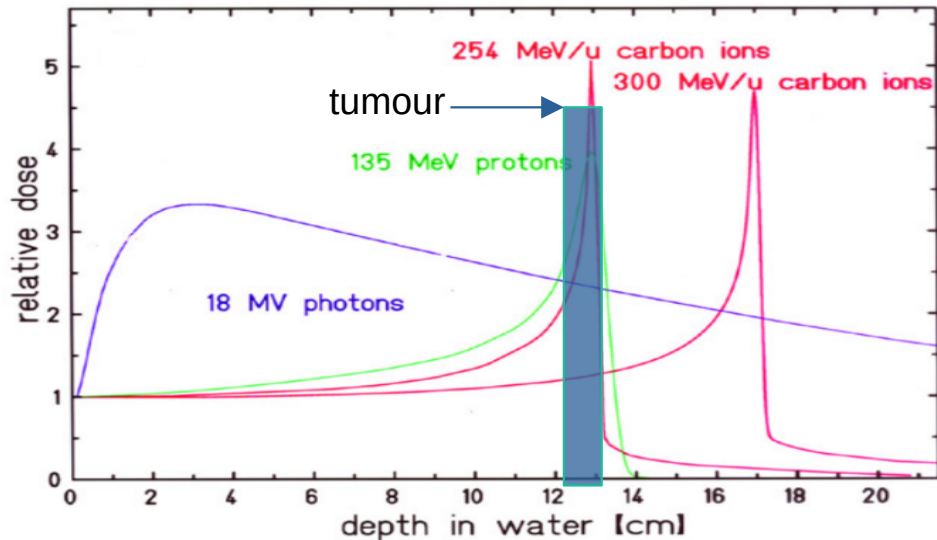
- Well established and **widespread** radiotherapy technique
- Different beam entry directions to avoid excessive of dose deposition in the healthy tissues
- “Low” cost machinery



Question:
How can I exploit the Bragg curve to treat tumours?

Particle therapy

Particle therapy: a form of radiotherapy that uses hadrons for the treatment of solid tumours

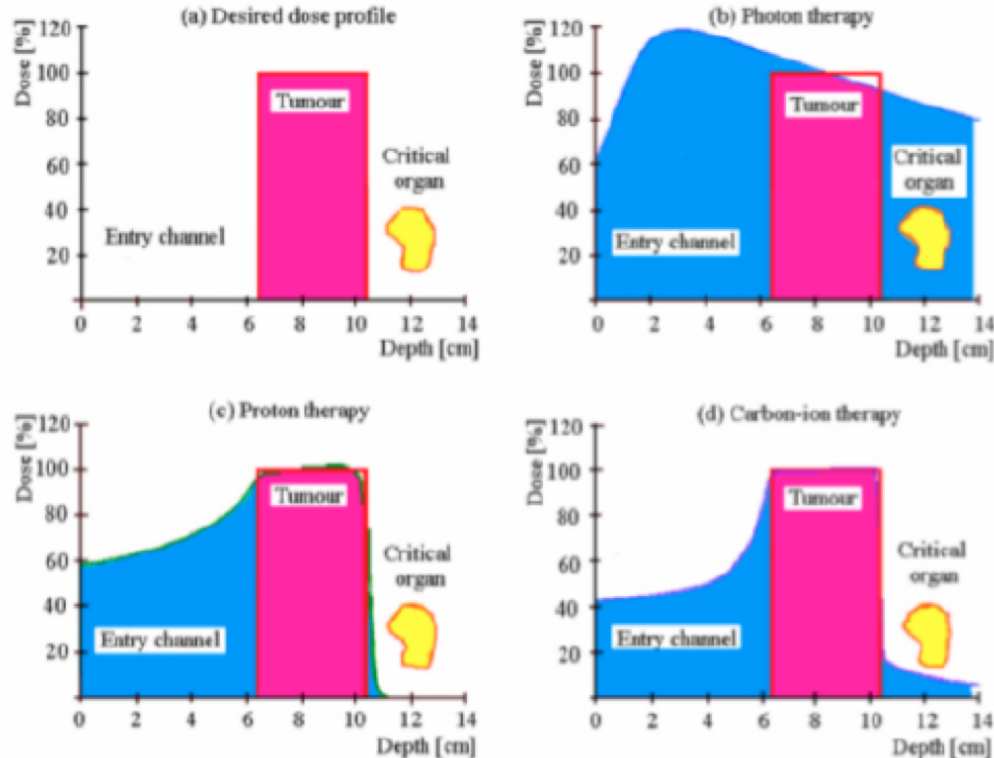


Marco Durante and Harald Paganetti. Nuclear physics in particle therapy: a review. *Reports on Progress in Physics*, 79(9):096702, aug 2016.

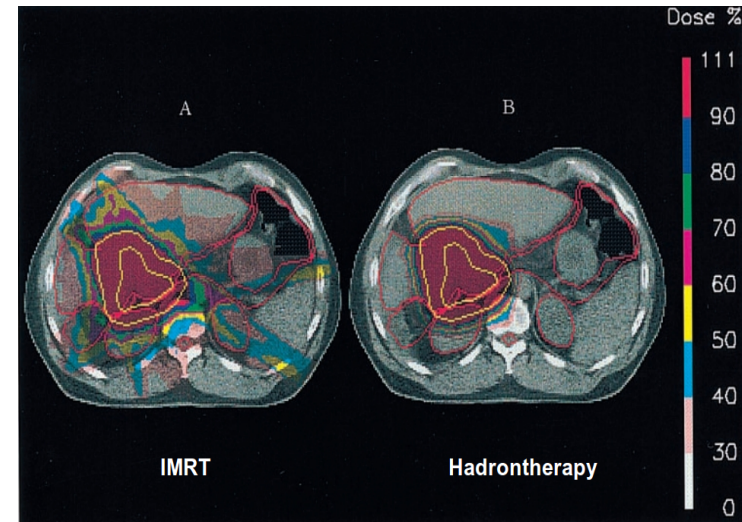
Main properties:

- Max dose release in the Bragg peak
- **Better dose conformation over the tumour volume, minimizing the damage in the healthy tissues**
- **Enhanced biological effectiveness for heavy ion therapy ($Z > 1$)**
- Mainly proton and carbon ion treatment centres
- Well established radiotherapy technique

Particle therapy vs conventional radiotherapy



Due to the physics, there is a clear “geometrical” advantage in the use of heavy charged particles with respect to photons to treat tumours




Pancreatic tumor treatment planning

A: Intensity modulated coplanar photon beam (9 beams)
B: Coplanar proton beam (4 beams)

Particle therapy: first proposal

1945, R. Wilson: first proposal to use hadrons for radiotherapy



R.R. Wilson, "Foreword to the Second International Symposium on Hadrontherapy," in *Advances in Hadrontherapy*, (U. Amaldi, B. Larsson, Y. Lemoigne, Y., Eds.), Excerpta Medica, Elsevier, International Congress Series 1144: ix-xii (1997).

Radiological Use of Fast Protons
ROBERT R. WILSON
Research Laboratory of Physics, Harvard University
Cambridge, Massachusetts

EXCEPT FOR electrons, the particles which have been accelerated to high energies by machines such as cyclotrons or Van de Graaff generators have not been directly used therapeutically. Rather, the neutrons, gamma rays, or artificial radioactivities produced in various reactions of the primary particles have been applied to medical problems. This has, in part, been due to the very short penetration in tissue of protons, deuterons, and alpha particles from present-day high-energy machines. However, the energy of the proton. Thus the specific ionization or dose is many times less where the proton enters the tissue at high energy than it is in the last centimeter of the path where the ion is brought to rest. These properties make it possible to irradiate internally a strictly localized region.

Radiology 47: 487-491, 1946

Particle therapy brief timeline

1954 – Berkeley treats the first patient and begins extensive studies with various ions

1957 – first patient treated with protons in Europe at Uppsala

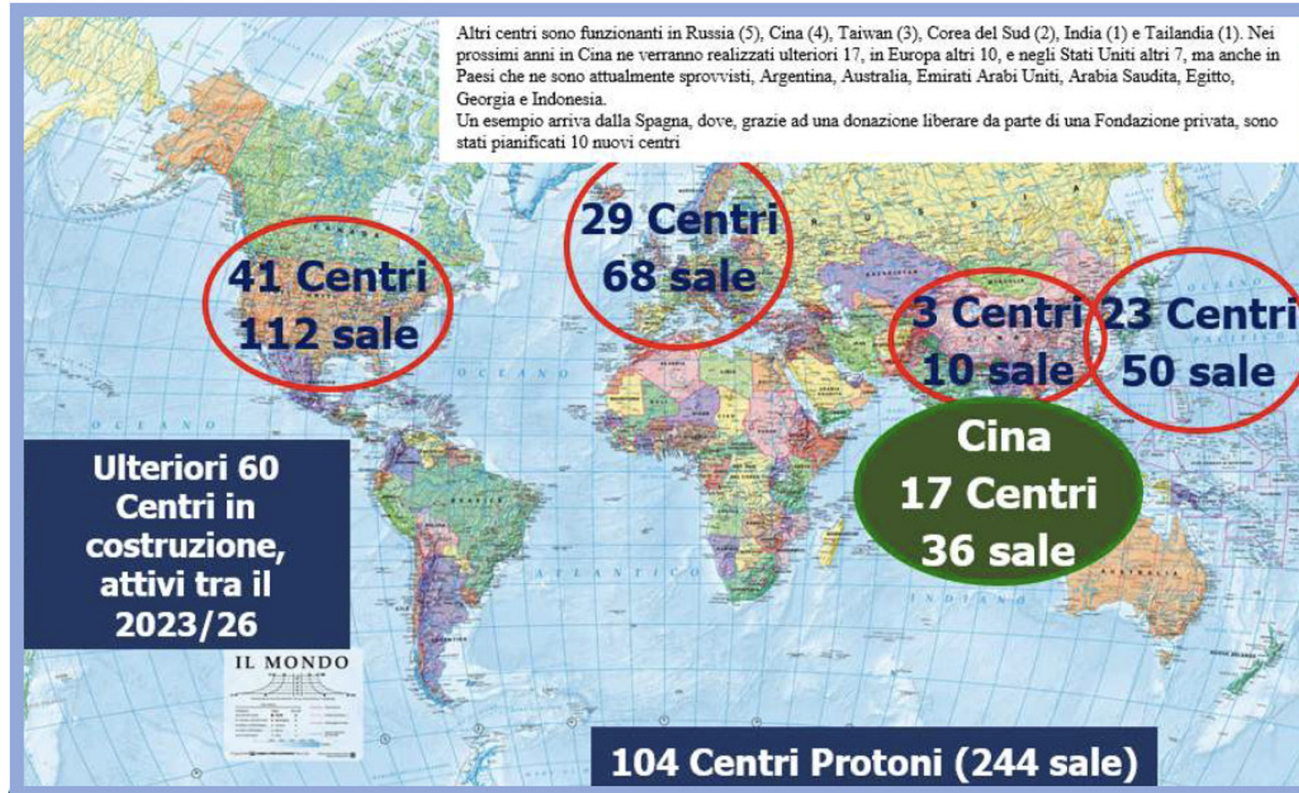
1961 – collaboration between Harvard Cyclotron Lab. and Massachusetts General Hospital

1993 – patients treated at the first hospital-based facility at Loma Linda

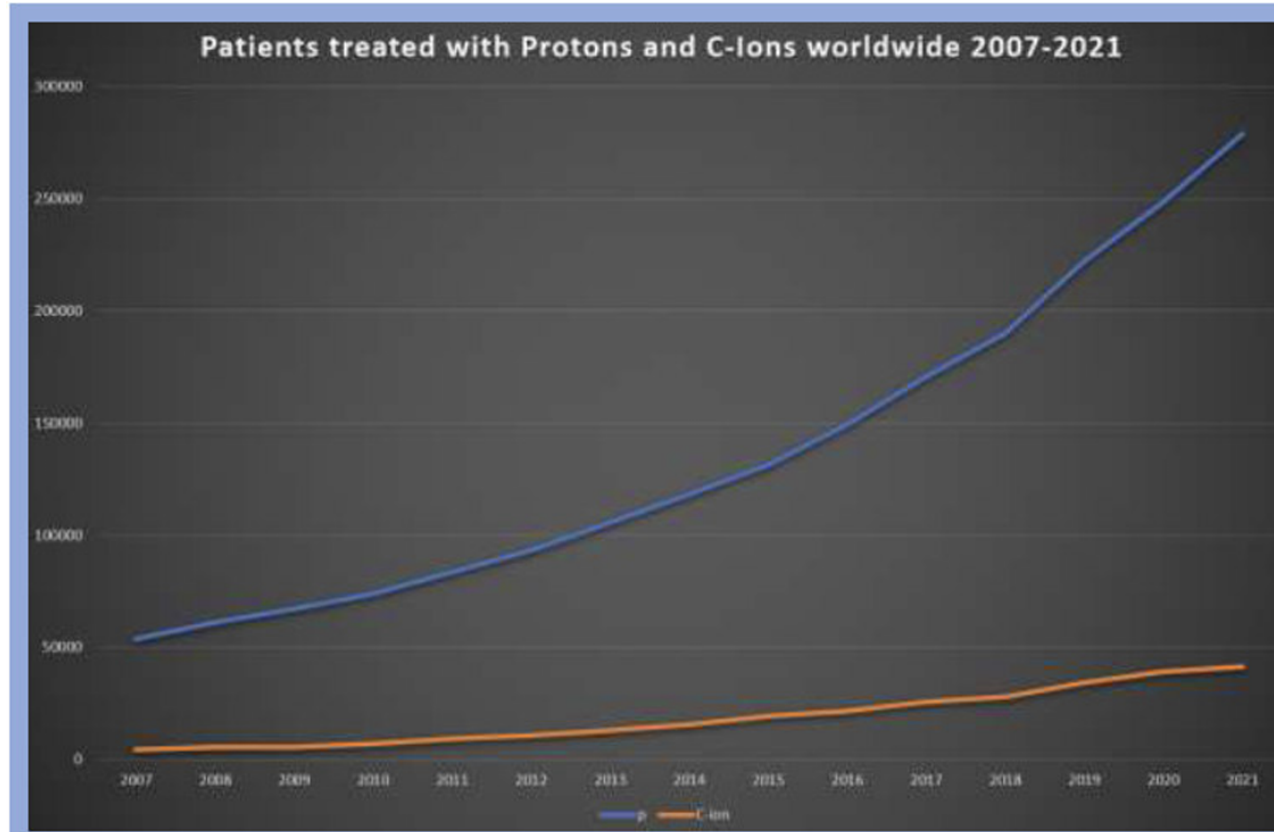
1994 – first facility dedicated to carbon ions operational at HIMAC, Japan

2009 – first European proton-carbon ion facility starts treatment in Heidelberg

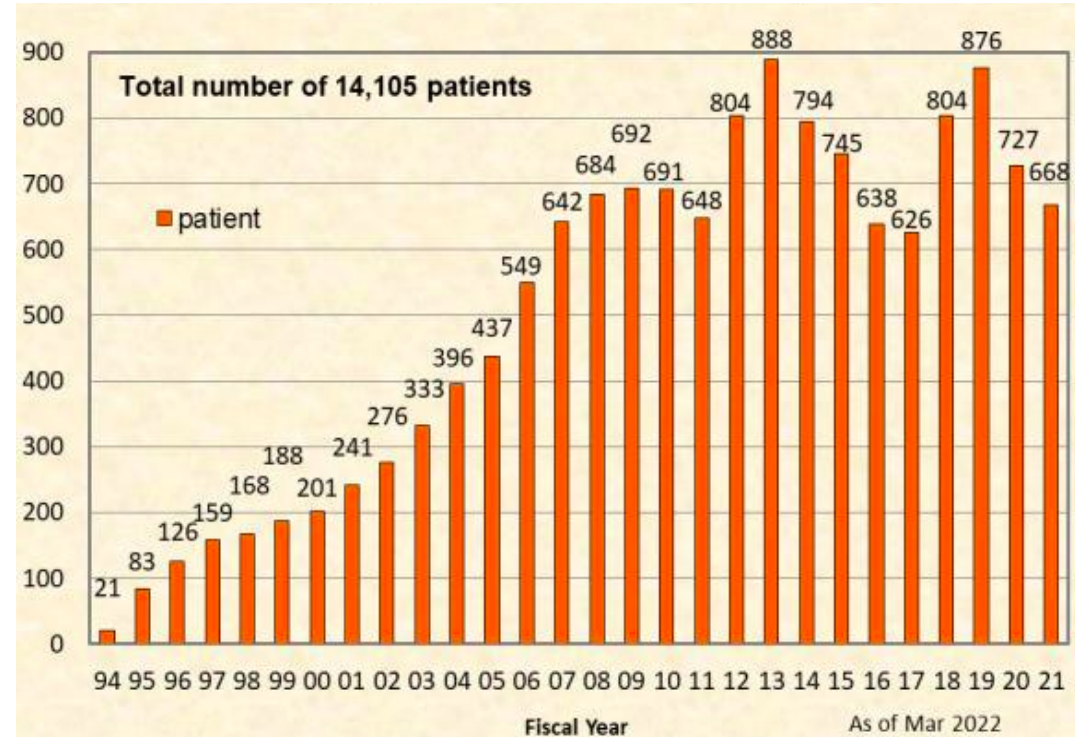
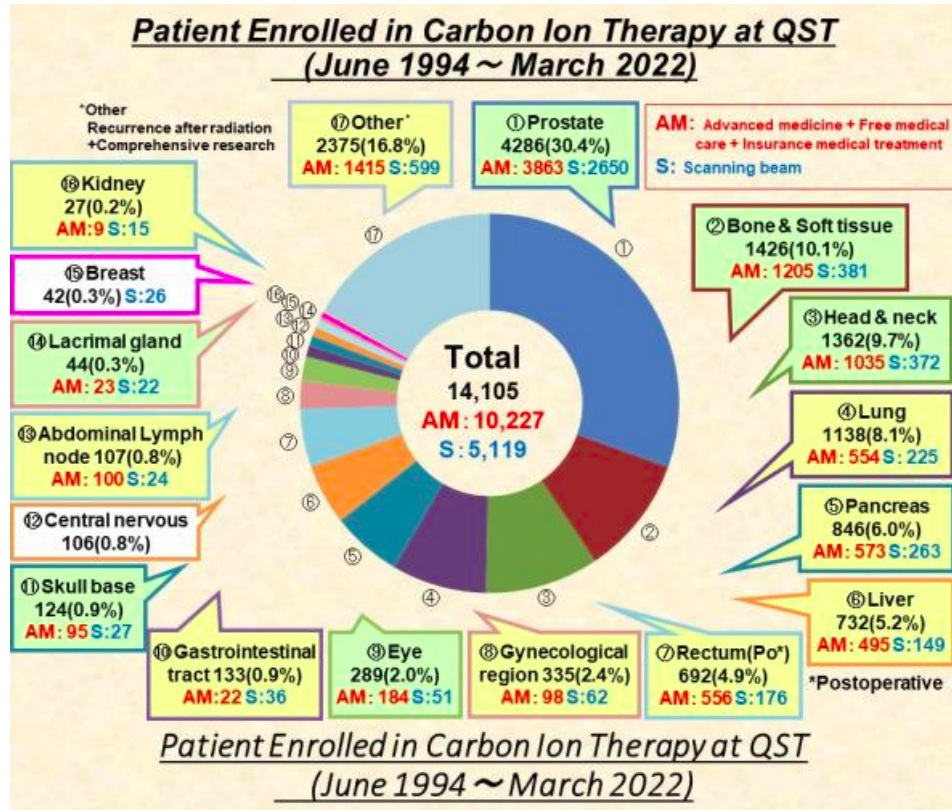
Particle therapy facilities at present



Particle therapy facilities at present

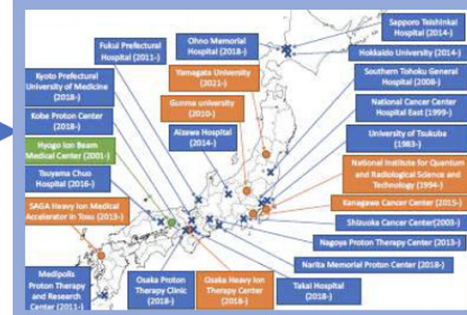


Particle therapy facilities at present



Particle therapy facilities at present

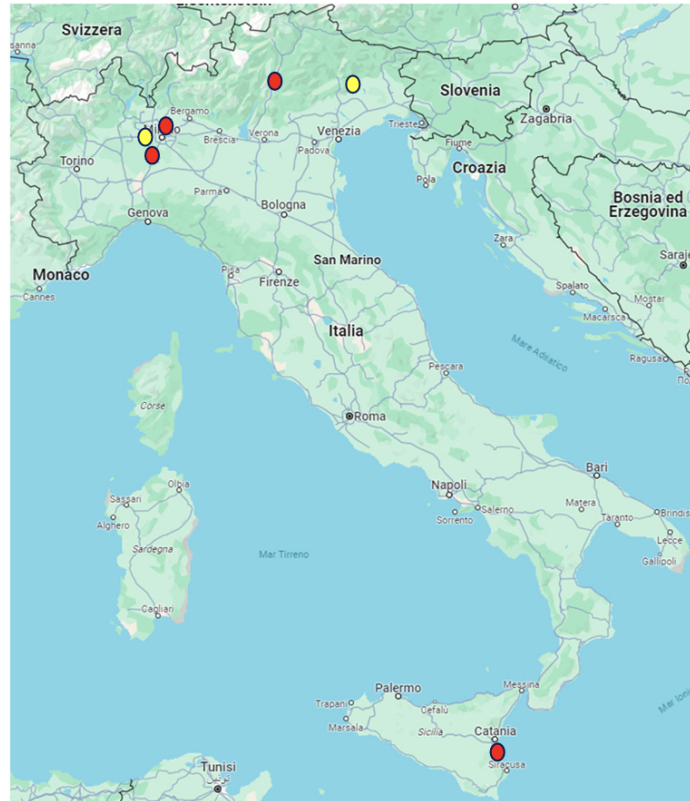
	Numero di abitanti (M)	Salte trattamento/No. abitanti
Giappone	127	2.3
Stati Uniti	328	3.2
Europa	514	7.1
Danimarca	5.8	1.9
Repubblica Ceca	10.5	2.1
Svizzera	8.5	2.8
Austria	8.8	2.9
Olanda	17.1	3.4
Svezia	10.3	5.1
Belgio	11.4	5.7
Germania	82.8	6.3
Regno Unito	66	6.6
Francia	67	11
Italia	60.1	12
Polonia	37.8	18.9



Spagna/Fondacion Ortega 263.5 M€

- Un equipo en la Comunidad Autónoma del País Vasco
- Dos equipos en la Comunidad Autónoma de Cataluña
- Un equipo en la Comunidad Autónoma de Galicia,
- Dos equipos en la Comunidad Autónoma de Andalucía
- Un equipo en la Comunidad Autónoma de Valencia
- Un equipo en la Comunidad Autónoma de Canarias
- Dos equipos en la Comunidad Autónoma de Madrid

Particle therapy facilities in Italy



- Operating centers
- Centers under construction

Particle therapy facilities in Italy

05

GIU/17



L'adroterapia è un **metodo innovativo per la cura dei tumori resistenti alla radioterapia tradizionale e non operabili** che consiste nell'utilizzo di fasci di protoni e ioni carbonio generati da un acceleratore di particelle.

La Fondazione CNAO, Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, ha già trattato con adroterapia oltre 1300 pazienti italiani e stranieri. CNAO è uno dei soli 6 centri al mondo capaci di effettuare trattamenti di adroterapia sia con protoni che con ioni carbonio.

Oggi i trattamenti con adroterapia coperti dalla sanità pubblica sono dieci: cordomi e condrosarcomi della base del cranio e del rachide, tumori del tronco encefalico e del midollo spinale, sarcomi del distretto cervico-cefalico, paraspinali, retroperitoneali e pelvici, sarcomi delle estremità resistenti alla radioterapia tradizionale (osteosarcoma, condrosarcoma), meningiomi intracranici in sedi critiche (stretta adiacenza alle vie ottiche e al tronco encefalico), tumori orbitari e periorbitari (ad esempio seni paranasali), incluso il melanoma oculare, carcinoma adenoideo-cistico delle ghiandole salivari, tumori solidi pediatrici, tumori in pazienti affetti da sindromi genetiche e malattie del collagene associate ad un'aumentata radiosensibilità, recidive che richiedono il ritrattamento in un'area già precedentemente sottoposta a radioterapia.

CNAO sta lavorando con le istituzioni per far rientrare nel Sistema Sanitario Nazionale anche i trattamenti per altre patologie radioresistenti e non operabili come i tumori al pancreas, al fegato, prostata ad alto rischio, recidive di tumori del retto e glioblastomi operati, oltre che recidive di tumori già irradiati con radiazioni convenzionali.

Particle therapy facilities in Italy

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 12 gennaio 2017

Definizione e aggiornamento dei livelli essenziali di assistenza, di cui all'articolo 1, comma 7, del decreto legislativo 30 dicembre 1992, n. 502. (17A02015)

elenco note e corrispondenti condizioni di erogabilità/indicazioni appropriatezza prescrittiva		
n. nota	tipo nota	contenuto nota
97	CONDIZIONE EROGABILITA'	<p>Pazienti con una delle forme tumorali sottoelencate, in assenza di malattia metastatica, in cui siano presenti tutte le seguenti condizioni: a) il trattamento abbia finalità radicali curative; b) PS: 0-2 ECOG; c) non siano presenti concomitanti malattie o comorbidità invalidanti che riducano in maniera significativa l'attesa di vita:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) cordomi e condrosarcomi della base del cranio e del rachide; 2) tumori del tronco encefalico (esclusi i tumori intrinseci diffusi del ponte) e del midollo spinale; 3) sarcomi del distretto cervico-cefalico, paraspinali, retroperitoneali e pelvici; 4) sarcomi delle estremità ad istologia radioresistente (osteosarcoma, condrosarcoma); 5) meningiomi intracranici in sedi critiche (stretta adiacenza alle vie ottiche e al tronco encefalico); 6) tumori orbitari e periorbitari (es. seni paranasali) incluso il melanoma oculare; 7) carcinoma adenoideo-cistico delle ghiandole salivari; 8) tumori solidi pediatrici; 9) tumori in pazienti affetti da sindromi genetiche e malattie del collagene associate ad un'augmentata radiosensibilità; 10) recidive che richiedono il ritrattamento in un'area già precedentemente sottoposta a radioterapia.

DM aprile 23. Entrata in vigore delle nuove tariffe **dal 1 gennaio 2024**

92.29.U	ADROTERAPIA - Ciclo intero.	€ 21.000,00	
92.29.V	ADROTERAPIA - Boost (sino a 6 frazioni).	€ 8.000,00	Per un numero di sedute superiore a 6 la remunerazione è 0
92.29.W	ADROTERAPIA - Stereotassi (1-3 frazioni).	€ 10.000,00	Per un numero di sedute superiore a 3 la remunerazione è 0

Particle therapy facilities in Italy

LE PATOLOGIE TUMORALI TRATTABILI AL CNAO



TUMORI DELL'ENCEFALO, DELLA BASE CRANICA E DEL MIDOLLO SPINALE



TUMORI DELLA TESTA COLLO E DELLE PRIME VIE RESPIRATORIE



TUMORI DEL TORACE



TUMORI DELL'ADDOME



TUMORI DELLA PELVI



ALTRE PATOLOGIE TRATTABILI



TUMORI DEGLI ARTI E DELLA COLONNA VERTEBRALE



TUMORI SOLIDI PEDIATRICI

Protontherapy @ Trento:



Tumori cerebrali e della base cranica

[APPROFONDISCI](#)



Tumori cerebrali

[APPROFONDISCI](#)



Tumori pediatrici

[APPROFONDISCI](#)



Tumori in sindromi genetiche

[APPROFONDISCI](#)



Tumori della colonna vertebrale e del sacro

[APPROFONDISCI](#)



Ritratamento dei tumori

[APPROFONDISCI](#)



Tumori della testa e del collo

[APPROFONDISCI](#)



Sarcomi

[APPROFONDISCI](#)



Tumori gastrointestina

[APPROFONDISCI](#)



Linfomi



Altre patologie

Radiotherapy facilities in Italy



Associazione Italiana
Radioterapia e Oncologia clinica

33 trovato per i criteri di ricerca specificati (regione lombardia tecnica intensitாமodulata)

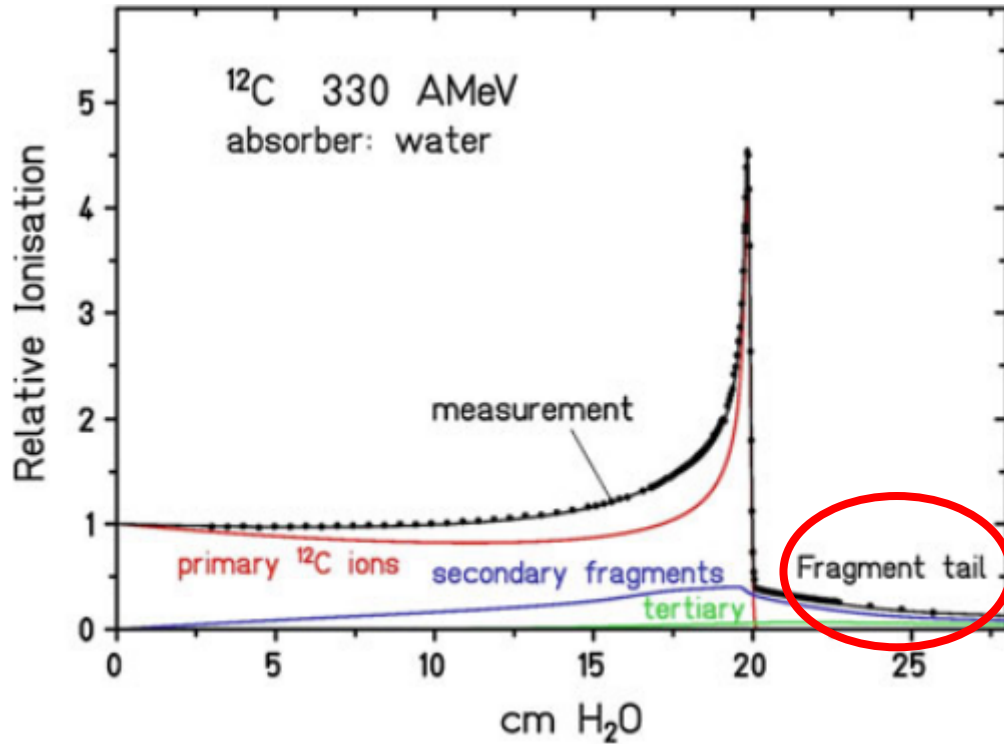
REGIONE	LOCALITÀ	DESCRIZIONE	STRUTTURA OSPITANTE
Lombardia	Treviglio	Treviglio	ASST Bergamo Ovest
Lombardia	U.O. di Radioterapia presso Fondazione Salvatore M	ICS Maugeri - Pavia	ICS Maugeri
Lombardia	Sesto San Giovanni	UO Radioterapia	IRCCS Multimedica Sesto San Giovanni
Lombardia	Casalpusterleno	U.O.C Struttura Complessa di Radioterapia Lodi	Lodi
Lombardia	Varese	Struttura Complessa di Radioterapia	ASST dei Sette Laghi-Ospedale di Circolo e Fondazione Macchi
Lombardia	Brescia	U.O Radioterpia Oncologica	Istituto Clinico S. Anna - Brescia
Lombardia	San Fermo della Battaglia	U.O. RADIOTERAPIA	OSPEDALE
Lombardia	VIGEVANO	RADIOTERAPIA ONCOLOGICA	ISTITUTO CLINICO BEATO MATTEO
Lombardia	Pavia	UOC Radioterapia Oncologica	Fondazione IRCCS Policlinico S. Matteo
Lombardia	Esine	Servizio di Radioterapia	ASST Valcamonica
Lombardia	Brescia	Istituto del Radio	Spedali Civili - Università di Brescia - Brescia
Lombardia	Rozzano	U.O. Radioterapia e Radiochirurgia	Istituto Clinico Humanitas
Lombardia	Milano	Divisione di Radioterapia	Istituto Europeo di Oncologia
Lombardia	Bergamo	U.O. di Radioterapia	Humanitas Gavazzeni

selezionare

- Brachiterapia
- Terapia Metabolica
- Total Body Irradiation (TBI)
- Total Skin Irradiation (TSI)
- Total Marrow Irradiation
- IORT Intraoperatoria
- Radioterapia Stereotassica frazionata (SBRT/SABR)
- Radiochirurgia (SRS)
- Trattamento con Intensità Modulata
- Adroterapia

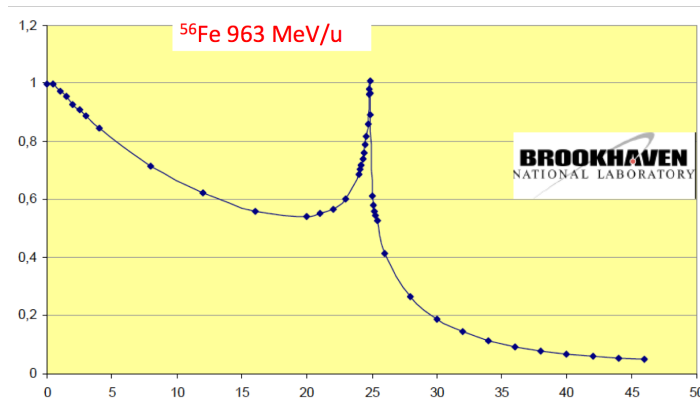
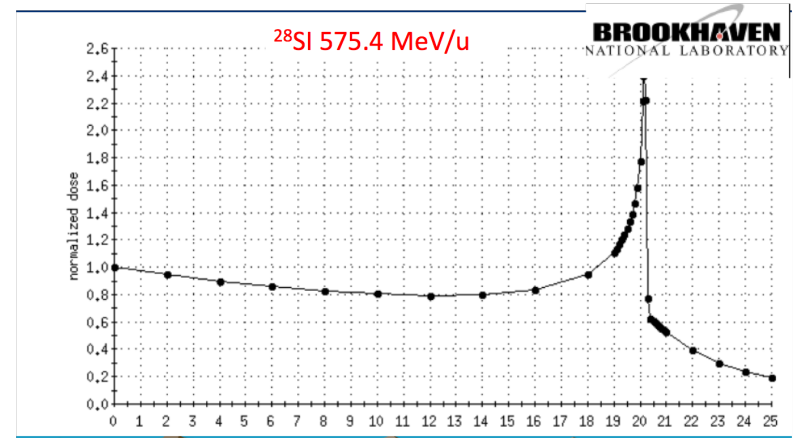
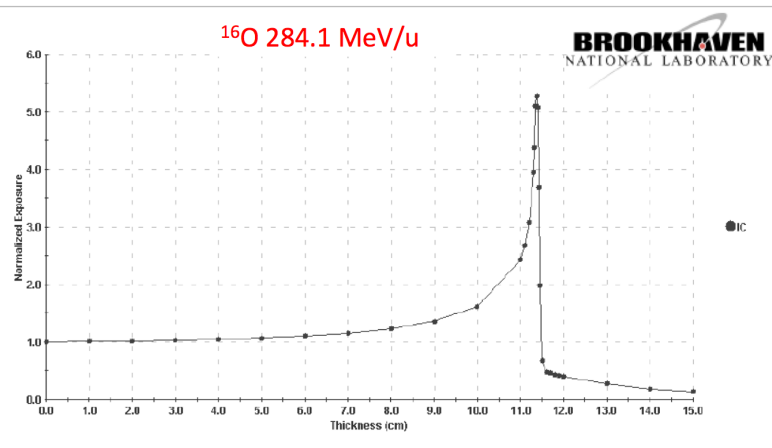
**Questions:
Why ^{12}C ion?**

Fragmentation effect



- The fragments produced from heavy charged particles have similar direction and velocity of the projectile, but with a lower mass
- The result is a dose deposition beyond the Bragg peak
- The use of ^{12}C ion is a compromise between the (mainly biological) advantages and the cons due to the fragmentation effect

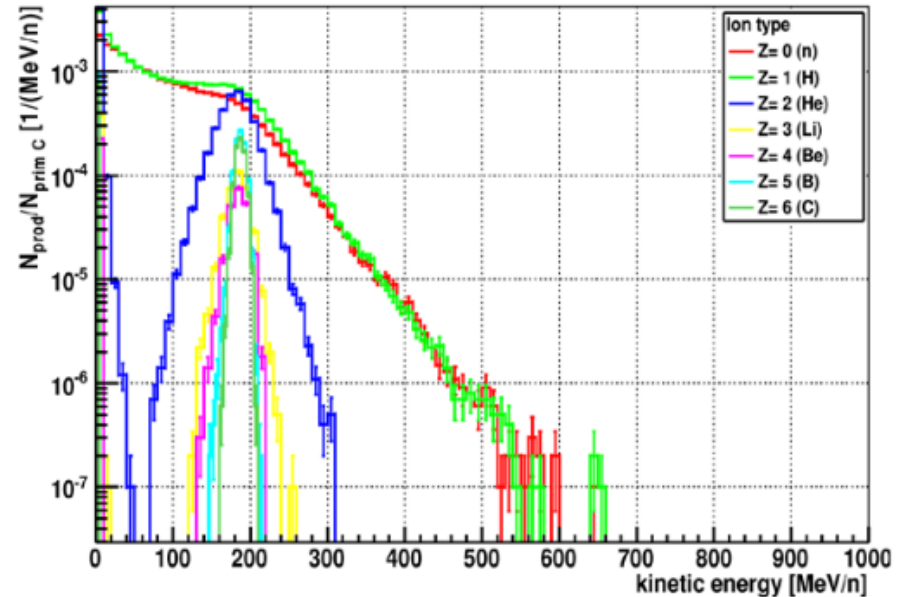
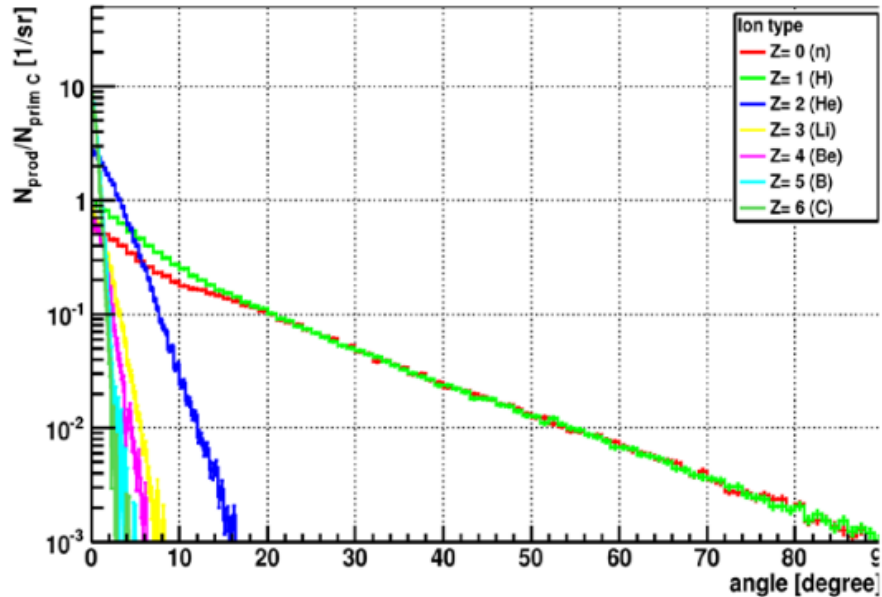
Fragmentation effect



Fragmentation effect

Simulations of the fragmentation ^{12}C ions using the Monte Carlo code FLUKA. Fragment angular distribution $d\sigma/d\Omega$ at 200 MeV/n on a graphite target

Durante and Paganetti "Nuclear physics in particle therapy: a review", 2016, Reports on Progress in Physics



References

- Durante and Paganetti “Nuclear physics in particle therapy: a review”, 2016, Reports on Progress in Physics
- Schardt, Elsässer and Schulz-Ertner, “Heavy-ion tumor therapy: Physical and radiobiological benefits”, Review of Modern Physics, 2010
- Kraan et al, “Range verification methods in particle therapy: Underlying physics and Monte Carlo modelling”, Frontiers in Oncology, 2015

Feel free to ask a copy of the papers to the lecturer



Questions?

<https://cc3m.infn.it/>



**Comitato di Coordinamento della Terza Missione
dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**

Accanto all'attività di ricerca, da anni l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare porta avanti molte attività di Terza Missione per trasferire alla società le conoscenze acquisite e coinvolgerla nella ricerca scientifica.

Con il **Comitato Nazionale per il Trasferimento Tecnologico dell'INFN (CNTT)**, il Comitato di Coordinamento della Terza Missione (CC3M) coordina un processo integrato per il trasferimento delle conoscenze con iniziative di diffusione della cultura scientifica con impatto a livello nazionale e rafforzarne l'efficacia.