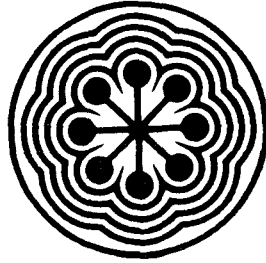




MX0600157

USO DEL CALORIMETRO EN LA DOSIMETRIA PARA
ACELERADORES DE ELECTRONES

instituto nacional de investigaciones nucleares



CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION NUCLEAR

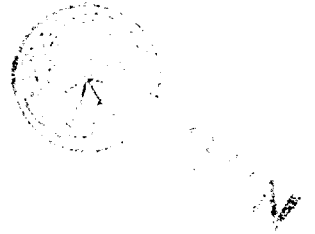


USO DEL CALORIMETRO EN LA DOSIMETRIA PARA ACELERADORES DE
ELECTRONES

Armando Chávez Bautista
Gerencia de Investigación Aplicada
Dirección de Investigación y Desarrollo
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

INFORME TECNICO IA-91-301

FEBRERO DE 1991



USO DEL CALORIMETRO EN LA DOSIMETRIA
PARA ACELERADORES DE ELECTRONES.

Fís. Armando Chávez Bautista
Gerencia de Investigación Aplicada.

La medida de diferentes tipos de radiación, con dosímetros específicos, requiere que la dosis absorbida debe ser medida con exactitud por algún estandar común.

El problema existente alrededor de la dosimetría de electrones acelerados ha obligado al desarrollo de diversos tipos - de detectores, que después de haber analizado las características; confiabilidad y reproducibilidad son utilizados como dosímetros. Recientemente se han desarrollado los calorímetros, - con el fin de realizar dosimetría para aceleradores de electrones.

El laboratorio de Risø en Dinamarca, en su acelerador de - 10 Mev, utilizó para la dosimetría calorímetros de agua, figura 1, posteriormente, utilizando el principio del calorímetro de - agua, fue diseñando uno similar, para el acelerador de 400 Kev - (Radak et al, 1973). Recientemente se han utilizado calorímetros más simples fabricados de grafito, figura 2, el cual puede ser utilizado en ambos aceleradores de 10 Mev y 400 Kev (Miller, - 1982).

Experimentos con electrones de 10 Mev.

En el laboratorio de Risø se diseñó un calorímetro de agua, que si bien no ha sido pensado como un instrumento de referencia, es razonablemente exacto y preciso, de tal manera que es posible aplicar el calorímetro de agua en medidas estandar.

El calorímetro de agua, figura 1, consiste en una caja de Petri fabricada de poliestireno, esta se llena de agua. La caja de Petri es aislada del medio ambiente por espuma de poliuretano. La temperatura se midió por medio de un calibrador Termistor, encapsulado en vidrio. La medida de la temperatura se restringe -

Conferencia presentada en el Seminario del Departamento de Física Nuclear, ININ, Centro Nuclear, Febrero de 1991.

a tiempos (1 a 2 min.) antes y después de la irradiación, y la diferencia de temperaturas observadas es una medida de la dosis absorbida. Previamente, antes del experimento se investigó si el calorímetro estaba en equilibrio con sus vecinos. Después de la irradiación, pasados 2 minutos, se notó un incremento en la temperatura del calorímetro, la explicación a este fenómeno, es que la temperatura del plástico se incrementa más que la del agua durante la irradiación por su bajo calor específico, por tal razón las medidas de temperaturas se realizarán en los intervalos ya indicados.

Para este caso, el cálculo de la dosis absorbida se basa únicamente en las propiedades del material

La dosis absorbida D se calcula de acuerdo con

$$D = \frac{\Delta E}{m} = \frac{Cc(\Delta T)}{m} = \frac{mc(\Delta T)}{m}$$

donde C es el calor específico, m la masa involucrada y ΔT el incremento de temperatura. En este experimento, se involucran varios tipos de material, la dosis absorbida se calcula de acuerdo a

$$D = \frac{\sum (c_i m_i)}{\sum m_i} (\Delta T)$$

En el diseño del calorímetro se tuvieron los siguientes materiales

material	calor específico	masa
Caja de Petri (Poliestireno)	0.335 $\frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$	60 g
Agua	0.998 $\frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$	240 g

La capacidad calorífica del Termistor y alambres asociados se calculó como 0.12 cal/°C y la masa asociada a este 1 g.

La dosis calculada se puede obtener como sigue

$$D = \frac{240*0.998+60*0.335+0.12}{240+60+1} *4.18 \times 10^3 * \Delta T$$

$$D = 3610 \Delta T \text{ Gy}$$

De acuerdo con estas características se prepararon 30 calorímetros, encontrándose una desviación en las lecturas de $\pm 2\%$, un punto importante para la observación; una elevación muy lenta de la temperatura indica que la caja de Petri está en equilibrio, un incremento más acelerado de la temperatura es indicativo que los materiales termoaislantes contribuyan al incremento de ésta.

El uso de calorímetros de grafito, figura 2, obligó a realizar una comparación entre éste y el calorímetro de agua. El grosor de ambos calorímetros se estableció en 1.7 g/cm² y ambos no son capaces de absorber completamente el haz de electrones de 10 Mev. Por lo que se realizarán correcciones debido a la diferencia del parámetro conocido como "Stopping-Power" para ambos calorímetros, se utilizaron datos obtenidos por Seltzer y Berger en 1982, obteniéndose:

$$S_{G}^W = \frac{\left(\frac{1}{\rho_w} \frac{dE}{dx} \right)_W}{\left(\frac{1}{\rho_G} \frac{dE}{dx} \right)_G} = 1.133$$

en tres series de experimentos realizados en los Laboratorios de Risø en el acelerador lineal, se obtuvieron las siguientes relaciones para la razón de dosis

$$S_G^w \frac{D_w}{D_G} + \sigma$$

lo cual permitió comparar la dosis en ambos tipos de calorímetros.

Los calorímetros de grafito, se diseñaron de acuerdo a los siguientes parámetros

Diámetro	14 cm
grueso	1.7 g/cm ²
densidad	1.78 g/cm ³

las dosis calculadas para el dosímetro de agua fueron corregidas por el uso de medios aislantes que cubrían el detector, este no es el caso para el grafito, puesto que éste presenta físicamente un estado sólido, lo cual facilita el manejo e interpretación de la información del calorímetro de grafito.

La medida de dosis con el grafito se reduce a calcular

$$D_G = C_G \Delta T$$

En el experimento se obtuvo el calor específico del grafito como función de la temperatura, figura 3, de acuerdo a la suposición de que las diferencias de temperatura no excederían de 10 - 15°C el valor promedio de C_G que tomó fue 0.174 Cal/(g°C) = 730 J/(Kg°C). Las medidas de temperatura se realizarán respectivamente 1 min. antes y después de la irradiación.

Las relaciones de dosis obtenidas en los experimentos de los calorímetros, agua y grafito de acuerdo a la razón

$$\frac{D_w}{D_G \cdot S_G^w} + \sigma$$

fueron:

- 1.- 1.04 + 0.04
- 2.- 1.04 + 0.03
- 3.- 1.03 + 0.03
- 4.- 1.08 + 0.03

Experimentos con electrones de 400 Kev.

El calorímetro de agua presenta a bajas energías problemas de absorción de electrones en su estructura adiabática, ésta fue una de las principales razones para utilizar calorímetros de grafito.

Con la finalidad de conocerlos más detalladamente se realizarán estudios con varias geometrías adiabática, figuras 2. En ellos usualmente se utilizó un disco de grafito de aproximadamente 136 mm de diámetro y un grosor de 10 mm, figura 4, en la parte media del grosor se perforó un canal para introducir en termistor radialmente. El arreglo es colocado en un cilindro hueco de poliuretano de tal forma que entre el disco de grafito y la estructura de poliuretano siempre exista 3 mm de aire, con el fin de mantener condiciones estables, para aislar termicamente al grafito - se cubre la parte frontal de una película delgada de polietileno. Finalmente para definir completamente el área de irradiación sobre el arreglo anterior, se coloca un anillo de material absorbedor, el diámetro interno del anillo es ligeramente menor que el diámetro del disco de grafito.

El calorímetro absorbe completamente los electrones de 0.4 Mev, la energía se distribuye uniformemente en el disco, de tal forma que después de 20 segundos de la irradiación la temperatura es la misma en todo el volumen del grafito. Se aconseja realizar la medición de temperatura después de 1 minuto y antes de los 2 minutos. figura 5.

La dosis absorbida se realiza de acuerdo con la relación

$$D_G = T C_G$$

donde C_G (J/Kg°C) es el calor específico del grafito.

El calor específico del grafito es dependiente de la temperatura y posiblemente del tipo de grafito, para el experimento de Miller y Janovsky se encontró una dependencia del calor específico en función de la temperatura.

$$C_G = 2.733 * T + 638.6 \text{ (J/Kg}^\circ\text{C)}$$

El calorímetro fue irradiado a 100 Kev con corrientes de 2, 5, 10 ma y los tiempos de irradiación variaron de 20 a 60 segundos, figura 6, las conclusiones en esta parte del experimento son:

- 1) Cuando el tiempo de irradiación es incrementado y la corriente se mantiene constante, la dosis recibida se incrementa proporcionalmente.
- 2) Cuando el tiempo es mantenido constante y la corriente es incrementada, no se conserva la proporcionalidad, no se conoce la razón de este comportamiento.

Miller y Janovsky definen una cantidad más conveniente que la dosis absorbida, esta es la energía absorbida por unidad de área F

$$F = \frac{\Delta T \times C_G \times m}{S} \quad (\text{J/cm}^2)$$

donde m es la masa (en Kg) del grafito y S es el área irradiada (en cm²) definida por la apertura del anillo. F es independiente del material, la masa y el área del cuerpo irradiado, los -

autores indican que efectos de retrodispersión y Bremsstrahlung pueden ser despreciados, es además más adecuada la función para la calibración de aceleradores de electrones e intercomparaciones entre diferentes tipos de dosímetros relacionados con el tema.

Se realizaron varias series de irradiaciones durante 6 semanas bajo condiciones idénticas, (corriente del haz 10 ma velocidad de barrido 11.6 m/min), ΔT fue aproximadamente 1.2°C y el factor F promedio fue 1.52 J/cm² con una desviación de 2.2%

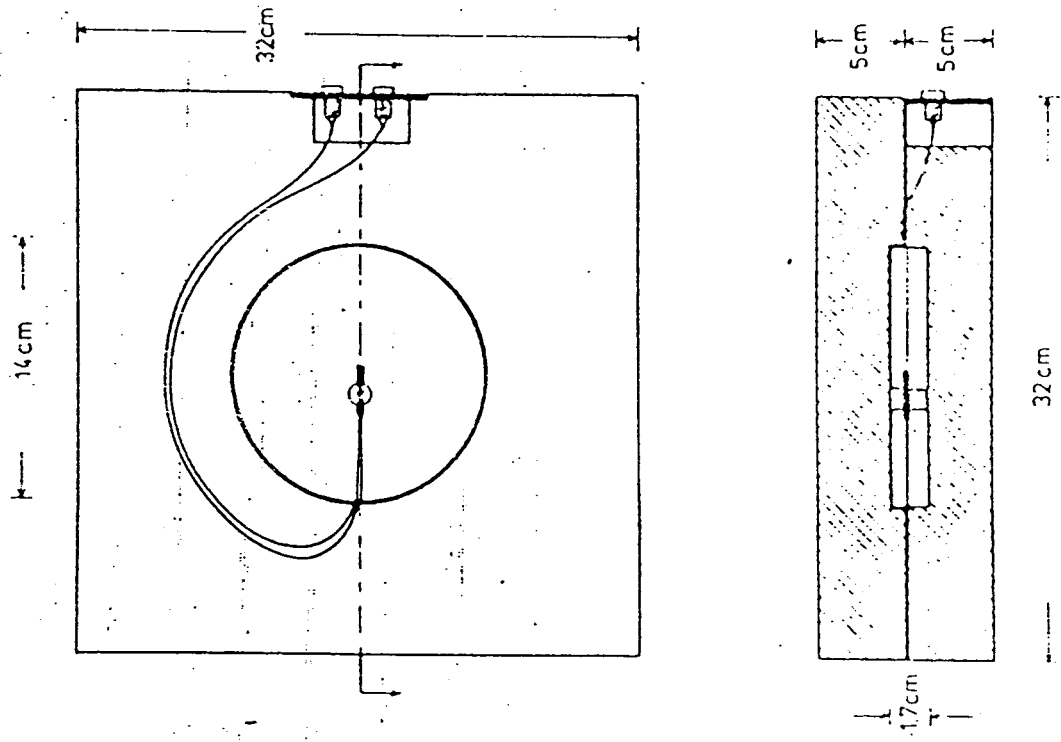


FIG.1 EL CALORIMETRO DE AGUA QUE FUE UTILIZADO PARA MEDIDAS DE DOSIS EN EL ACELERADOR LINEAL DE 10 MEV EN RISØ.

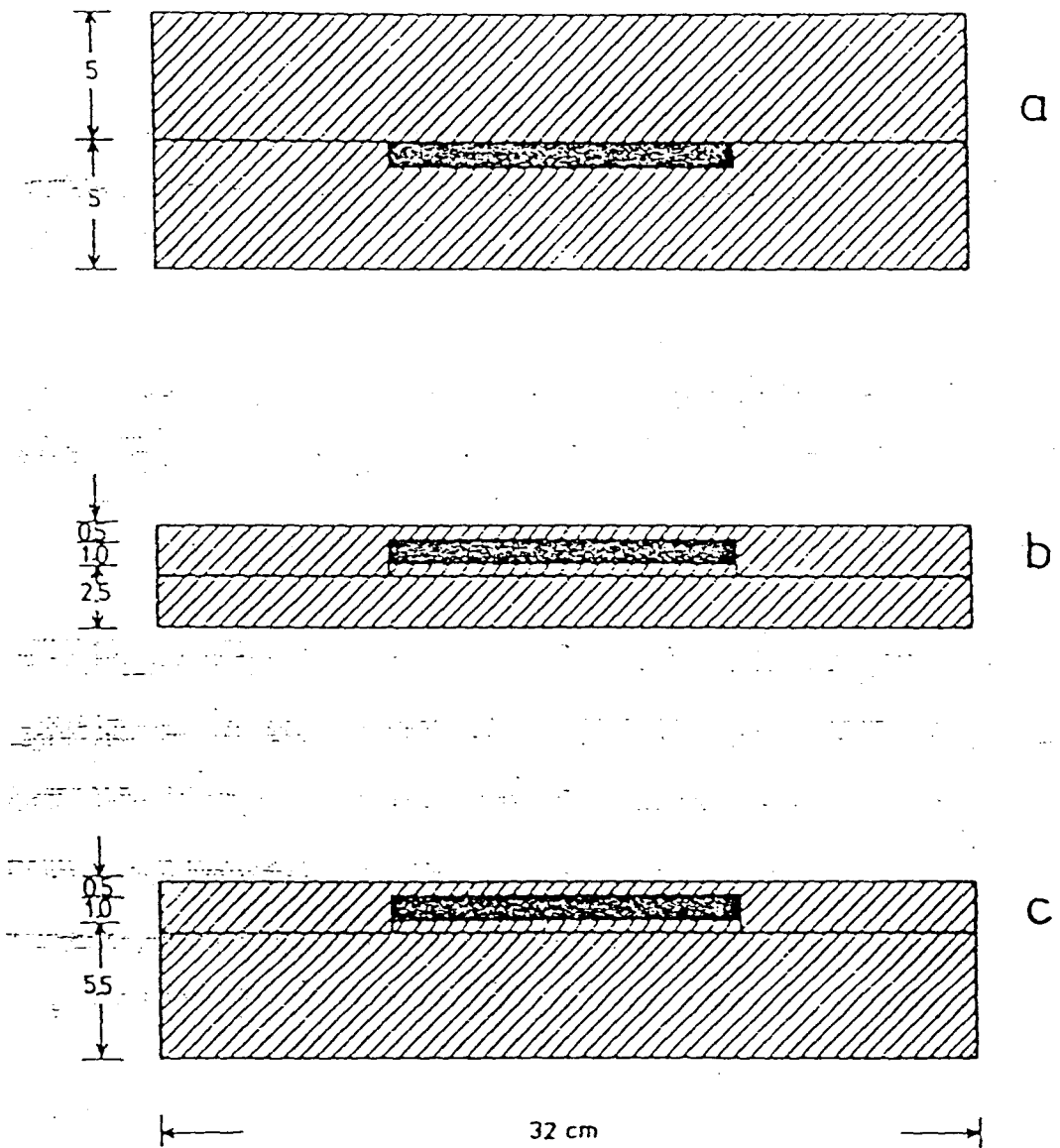


FIG. 2. CALORIMETRO DE GRAFITO CON DIFERENTES CONFIGURACIONES DE AISLANTES TERMICOS.

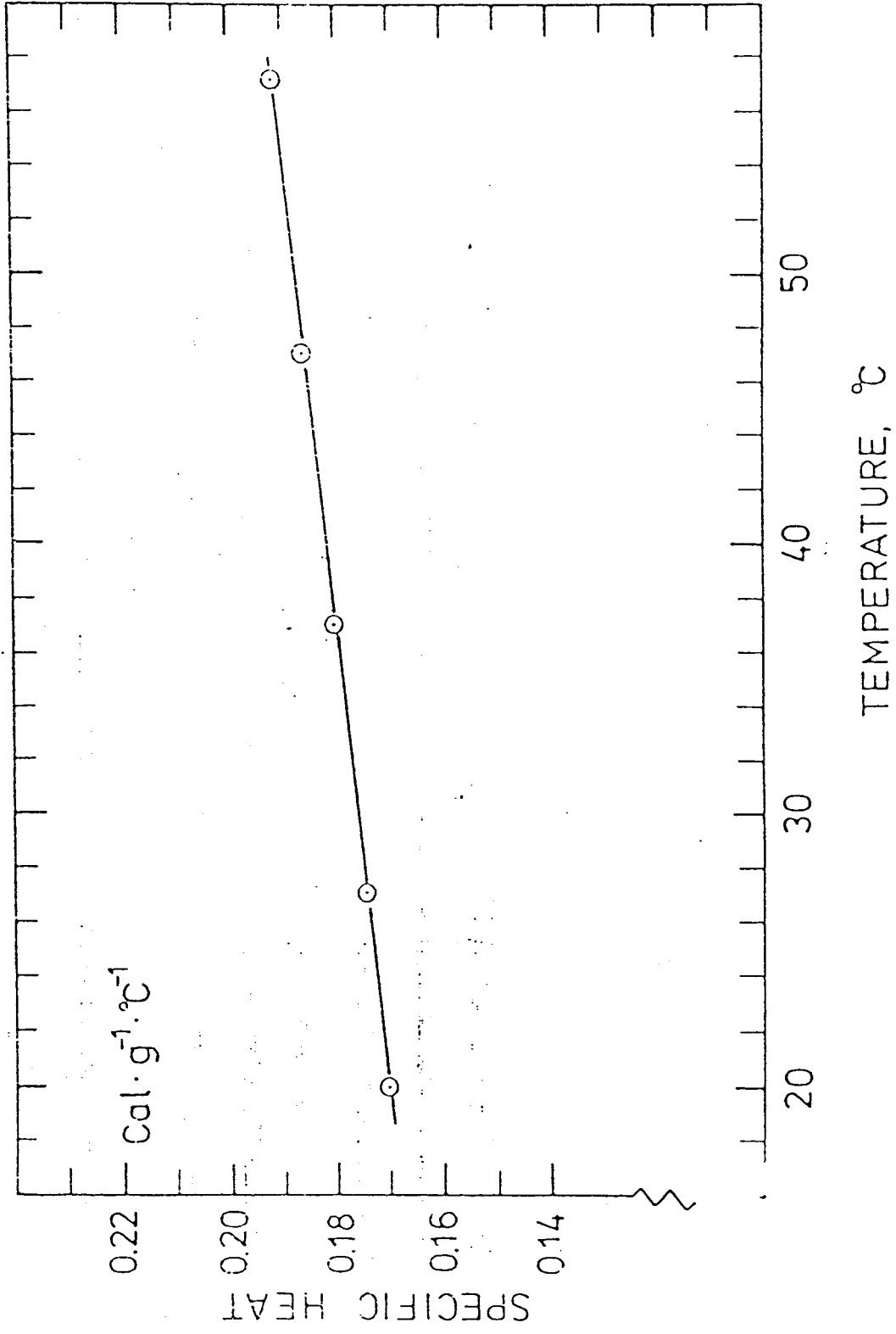


FIG. 3. COMPORTAMIENTO DEL CALOR ESPECIFICO, COMO FUNCION DE LA TEMPERATURA, DEL GRAFITO USADO EN LA CONSTRUCCION DEL CALORIMETRO DE RISØ.

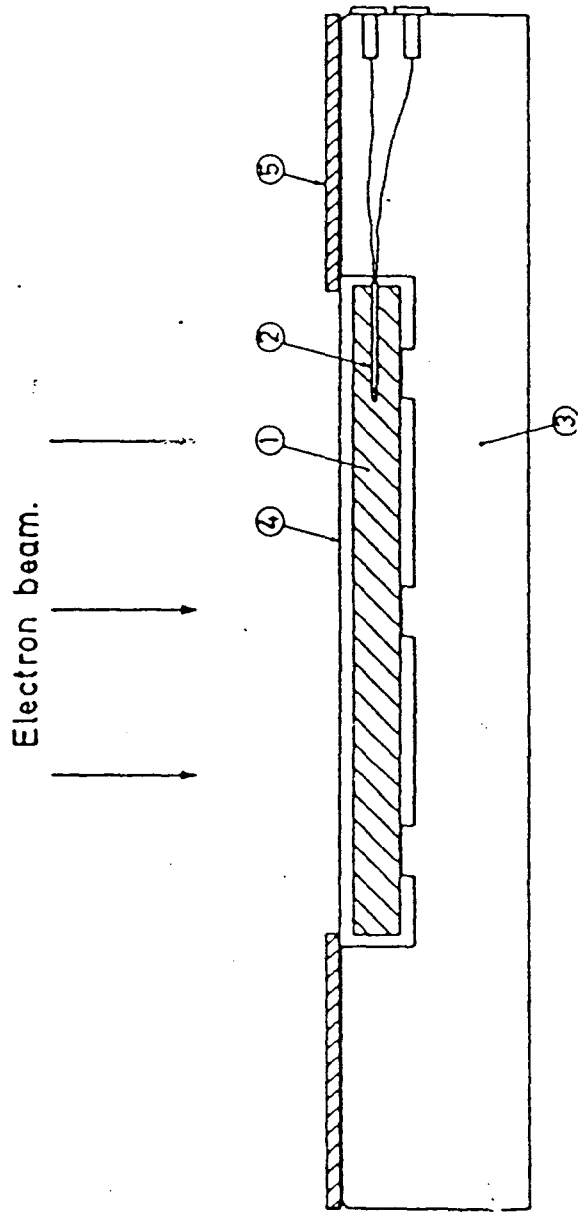


FIG. 4. ESQUEMA DEL CALORIMETRO: (1) Grafito;
(2) Termistor; (3) Cuerpo de Poliuretano;
(4) Película de Polietileno; (5) Disco de fibra.

Calorimetry at low-energy accelerators

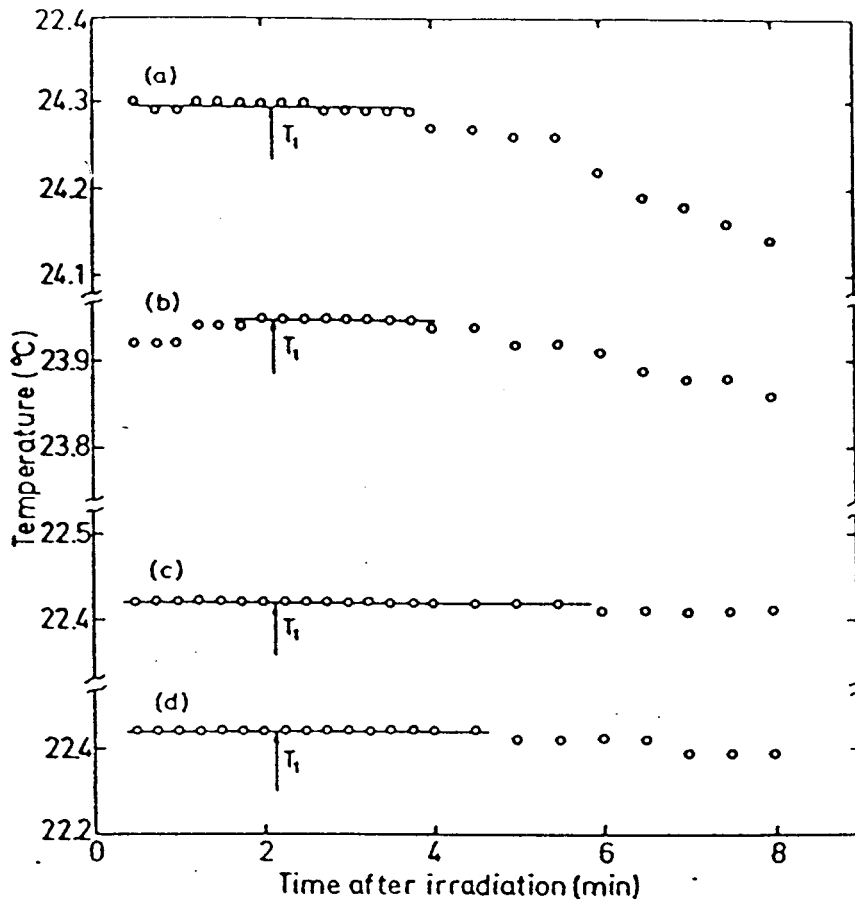
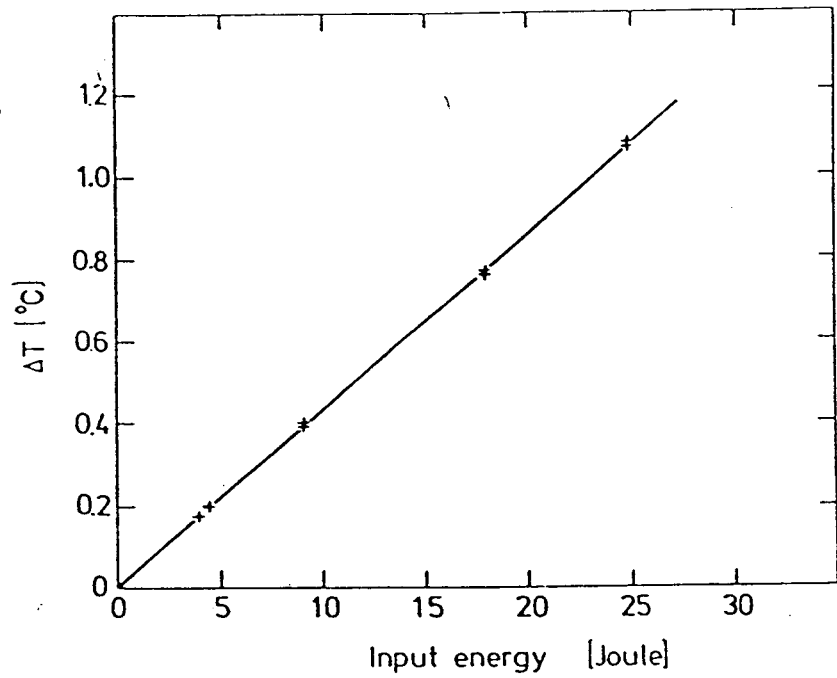


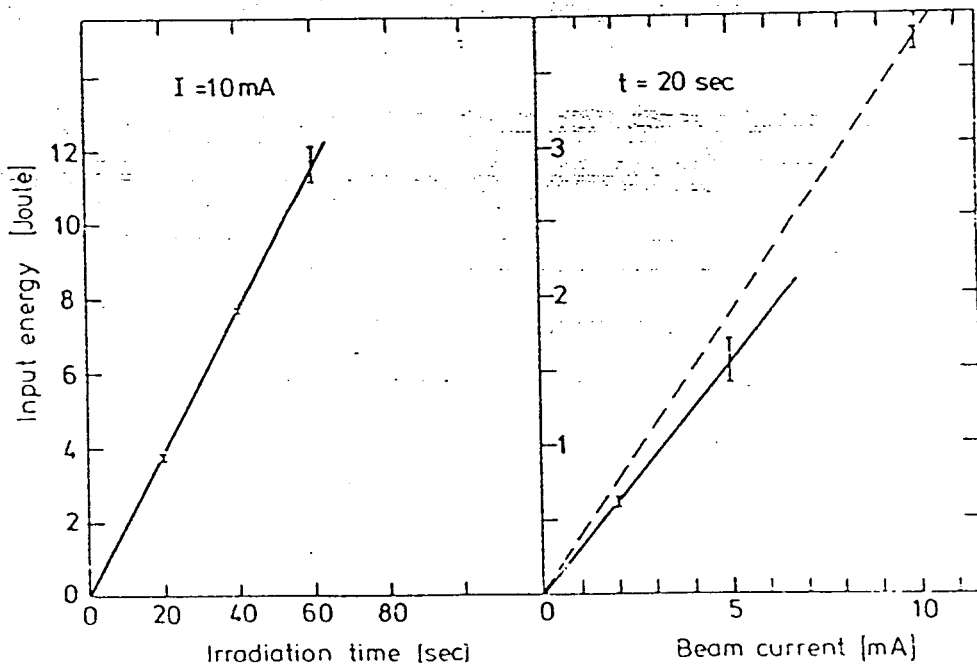
FIG. 5. EJEMPLOS TÍPICOS DE LA VARIACION DE LA TEMPERATURA DEL CALORIMETRO COMO FUNCION DEL TIEMPO. LAS GRAFICAS MUESTRAN EL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DESPUES DE LA IRRADIACION.

- (a) $T_0 = 20.73^\circ\text{C}$, $T_1 = 24.30^\circ\text{C}$
 (b) $T_0 = 21.50^\circ\text{C}$, $T_1 = 23.95^\circ\text{C}$
 (c) $T_0 = 21.27^\circ\text{C}$, $T_1 = 22.42^\circ\text{C}$
 (d) $T_0 = 21.56^\circ\text{C}$, $T_1 = 22.42^\circ\text{C}$

T_0 y T_1 SON LAS TEMPERATURAS ANTES Y DESPUES DE LA IRRADIACION RESPECTIVAMENTE.



Electrical calibration of the calorimeter



Electron beam measurements with the calorimeter