

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-61/26 (15. 5. 61)

G. Moneti, V. Montelatici: IL BERSAGLIO A DEUTERIO REFRIGERATO  
CON IDROGENO LIQUIDO.

Laboratori Nazionali di Frascati del C.N.E.N.  
Servizio Documentazione

Nota interna: n° 78  
15 Maggio 1961

G. Moneti e V. Montelatici: IL BERSAGLIO A DEUTERIO REFRI-  
GERATO CON IDROGENO LIQUIDO.

Questo bersaglio ha una cella in cui si raccoglie il deuterio liquido. Il gas viene raffreddato prima in uno scambiatore di calore in controflusso e poi liquefatto in un secondo scambiatore in contatto con idrogeno liquido alla pressione di 760 mm Hg.

Per liquefare il deuterio si usa del fatto che il punto normale di ebullizione di esso ( $=23,6^{\circ}\text{K}$ ) è superiore a quello dell'idrogeno ( $= 20,4^{\circ}\text{K}$ ). Il calore latente del deuterio è 75 cal/g contro le 108 cal/g del parai-  
drogeno; ciò permette di ottenere la liquefazione del deu-  
terio senza grande consumo dell'idrogeno. Il volume della cella è di 310 cc ed il deuterio viene prelevato da un recipiente a volume costante di 340 litri.

Vale la seguente relazione tra i volumi del liqui-  
do  $V_l$  e del gas  $V_g$  e le rispettive pressioni, del vapore in equilibrio con il liquido,  $P_l$ , e quella del gas  $P_g$  alla temperatura  $T_g$ :

$$V_l \rho_l = V_g \frac{M}{RT_g} (P_2 - P_1)$$

ove  $\rho_l$  è la densità del liquido in equilibrio col vapore a pressione  $P_1$ ,  $T_g$  è la temperatura ambiente a cui si trova il gas inizialmente ( $= 290^\circ\text{K}$ ),  $R$  la costante dei gas,  $M$  il peso molecolare del deuterio. Su  $P_0$  e  $P_1$  debbono essere imposte le seguenti limitazioni:  $P_0$  non può superare i limiti di sicurezza per la resistenza meccanica della cella (una prova preliminare ha dato  $3.5 \text{ atm}$  come valore al quale la cella di Nickel è esplosa),  $P_1$  è bene sia superiore alla tensione di vapore del deuterio a  $20,4^\circ\text{K}$ , perchè altrimenti lo scambio di calore all'equilibrio e nella fase della condensazione potrebbe divenire troppo piccolo.  $P_1 = 390 \text{ mm Hg}$  sembra una scelta conveniente ( $T(P_1) = 21.5^\circ\text{K}$ ).

Il disegno di figura 1 e 2, in scala, mostra come è disposta la cella cilindrica che contiene il deuterio le cui basi portano due camere nelle quali tramite il tubo di trasferimento (che pesca nel dewar che sostiene il bersaglio) è immesso idrogeno liquido, un tubicino laterale che attraversa la cella collega le due riserve di idrogeno.

Attorno alla riserva superiore sta il secondo scambiatore di calore a  $20.4^\circ\text{K}$  esso, dopo, va ad unirsi alla linea di evaporazione dell'idrogeno formando il primo scambiatore di calore. Le due serpentine proseguono parallele sugli schermi di radiazione di rame ed escono all'esterno. La linea dell'idrogeno va a convogliare il gas all'esterno dell'edificio, l'altra va diretta alla riserva del deuterio tramite un rubinetto.

Questo tipo di bersaglio è una modifica di quello costruito da Wilson per solo idrogeno, (v. bibl. 1) ulteriore riferimento di quello messo in opera da Littauer, (v. bibl. 2). Inizialmente la linea del deuterio è evacuata dall'aria. Dopo si raffredda la cella e gli scambiatori di calore con idrogeno il cui livello è mantenuto a non oltre 1 cm nel tubo di evaporazione; la resistenza mobile serve a controllare tale livello. Si immette deuterio gas aprendo il rubinetto lentamente poiché la pressione nel recipiente è maggiore di quella nella cella.

In questa fase l'idrogeno evapora violentemente fino a completa liquefazione del deuterio. Il valore finale della pressione del vapore sarà allora 390 mm Hg, la conoscenza del valore della pressione nel tempo è un buon controllo dello stato di liquefazione del deuterio e perciò del riempimento della cella, comunque un'altra resistenza mobile misura il livello del deuterio. Questa passa nella linea di evaporazione rapida che è munita di una valvola che permette il passaggio del gas solo in uscita, per evitare sovrappressioni in cella in caso di violente entrate di calore.

Una volta riempita la cella si diminuisce il livello di idrogeno nella riserverta superiore fino a portarlo a non oltre due centimetri dal fondo, cioè sufficiente a mantenere il deuterio liquido e a diminuire la evaporazione di idrogeno a valori ragionevoli. La liquefazione del deuterio può essere eseguita anche con la linea tra riserva e cella aperta sin dall'inizio, la velocità di liquefazione risulterà più bassa.

Le prove sperimentali hanno dato questi risultati:

consumo idrogeno nella fase di transiente  $1 \pm 1.5$  lt/ora liquido;

consumo di idrogeno all'equilibrio .19 lt/h liquido;

tempo per condensare il deuterio 1 ora, sia che si operi nel primo modo e nel secondo. Con il rubinetto della linea chiuso sono necessari 30 minuti per portare l'idrogeno al livello detto, 30 minuti per riempire la cella di deuterio; vedi curva seconda di fig. 3, la curva I si riferisce alla linea sempre aperta.

Per svuotare la cella basta far scendere l'idrogeno nel dewar, il deuterio evapora naturalmente in  $3 + \frac{1}{2}$  ore, per accelerare tale evaporazione basta dissipare nella resistenza di livello del deuterio 2 watt, la cella si svuota in 1 ora e 10 minuti. La curva III dà l'andamento della pressione in funzione del tempo in fase di riscaldamento.

La pressione a caldo del gas deuterio nel recipiente è 1120 mm di mercurio (= 1,45 atm), quella del vapore in equilibrio a cella piena è 310 mm Hg (= 0,4 atm).

La cella ha le pareti cilindriche in nickel dello spessore di .03 mm, gli schermi di radiazione coassiali alla cella sono asolati per un angolo di  $180^\circ$  nella parte anteriore, la finestra e gli schermi sono avvolti con foglio di alluminio di spessore .01 mm, nella parte posteriore degli schermi, ove è l'ingresso del fascio dei raggi  $\chi$ , è praticato un foro circolare del diametro della cella.

L'isolamento termico è ottenuto eseguendo inizialmente vuoto e chiudendo il bersaglio tramite un rubinetto.

La pressione è inizialmente intorno a qualche unità in  $10^{-3}$  mm Hg, la salita dell'idrogeno fa condensare il gas residuo portando la pressione a qualche unità in  $10^{-5}$  mm Hg.

L'ingresso di calore è allora per conduzione gassosa trascurabile.

Lo schema di fig. 4 illustra il sistema di regolazione della pressione nel dewar dell'idrogeno. Chiuso il rubinetto 1 ed immesso gas nel regolatore di pressione

P tramite i rubinetti 3 e 2 si stabilisce nel dewar una pressione che forza il liquido a salire nel tubo ad un'altezza  $h_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} h_2 \approx 14 h_2$  ove  $\rho_2$  è la densità dell'olio al silicone uguale a 1 g/cc  $\rho_1$  è la densità dell'idrogeno liquido = .07 g/cc.

Aperto il rubinetto 1 è annullata la differenza di pressione tra dewar e colla e l'idrogeno discende. Per una rapida salita dell'idrogeno si può usare il rubinetto 4.

#### Ringraziamenti

E' nostro gradito compito ringraziare i Sigg. A. Bellatreccia e E. Solinas per l'aiuto datoci nella realizzazione pratica del progetto.

#### Bibliografia.

- 1) - R. Wilson - R.S.I. 29, 732 (1958)
- 2) - R. Littauer - R.S.I. 29, 178 (1958)

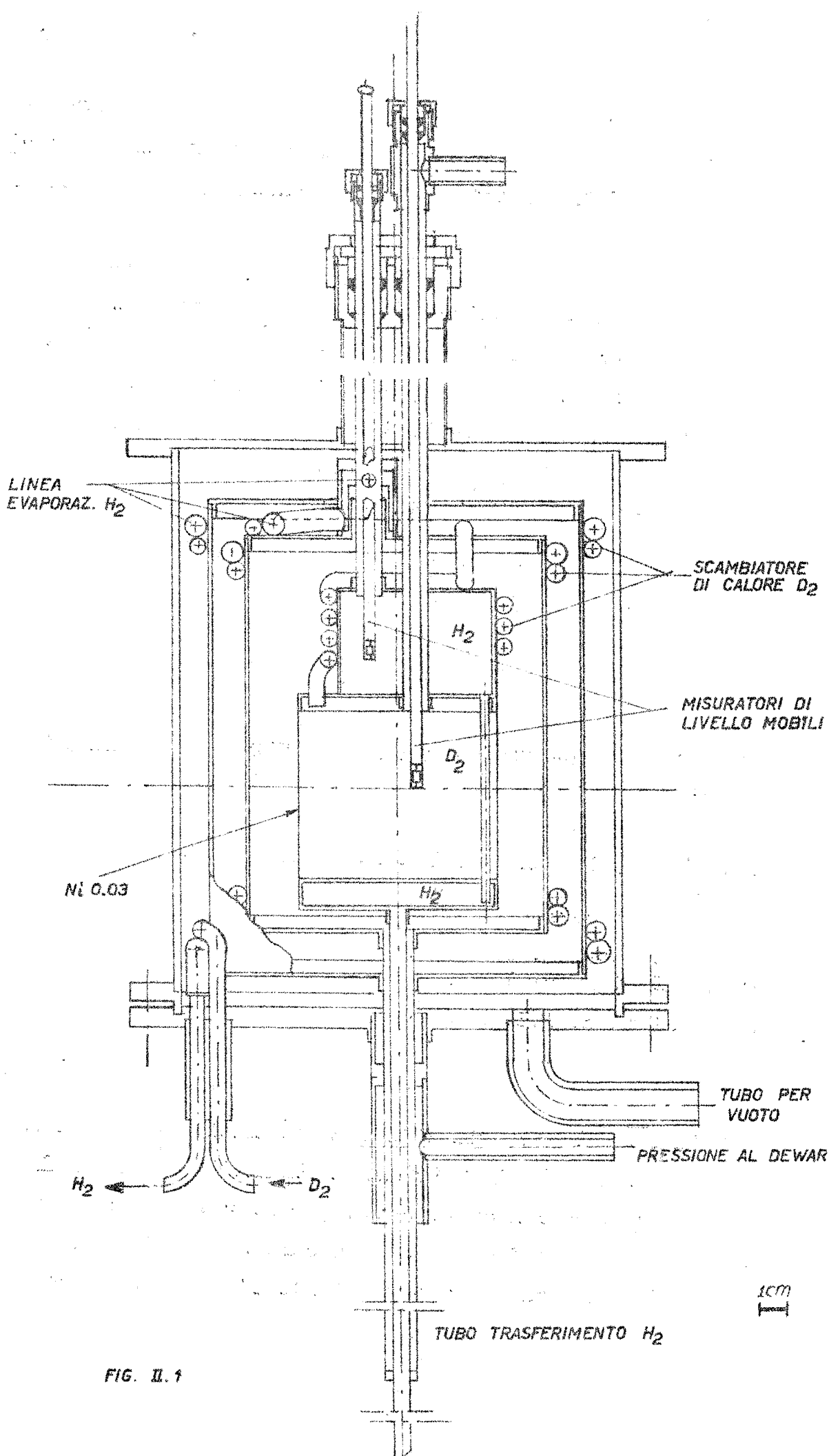


FIG. II. 1

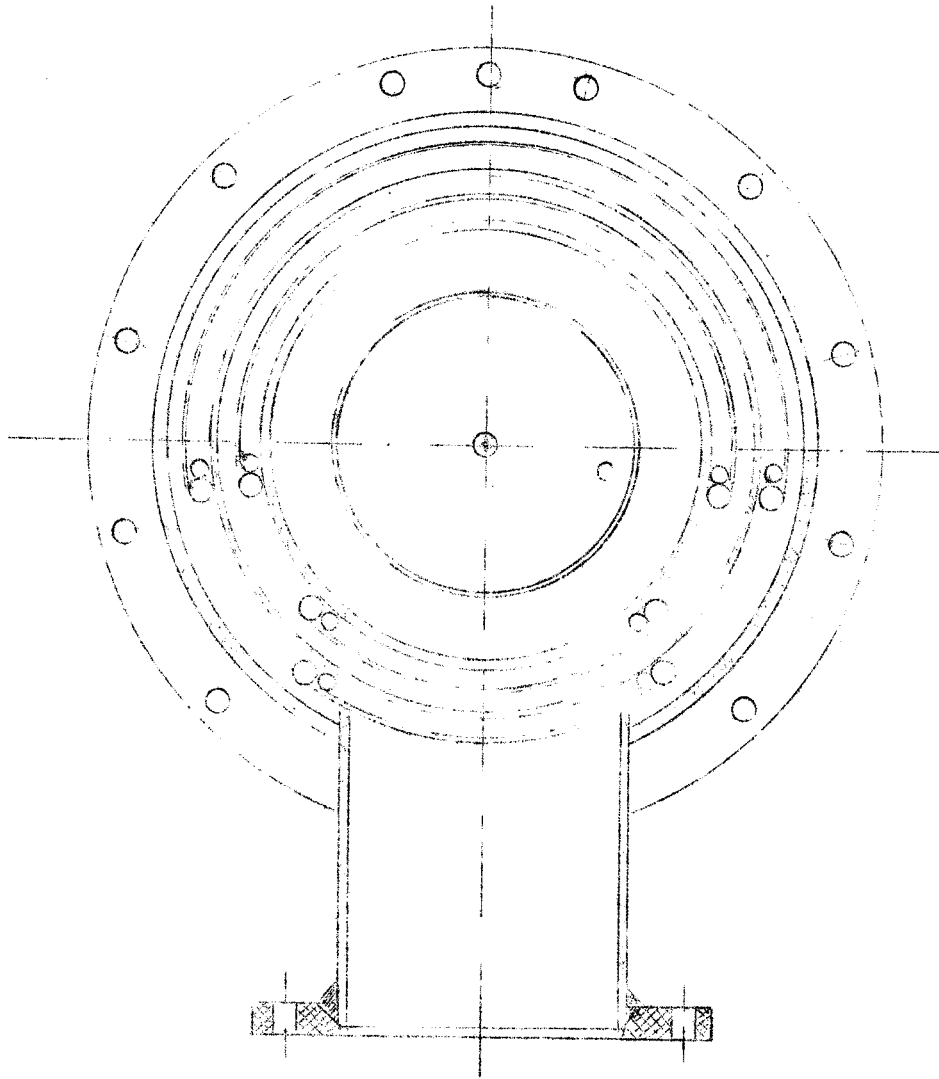


FIG. 2



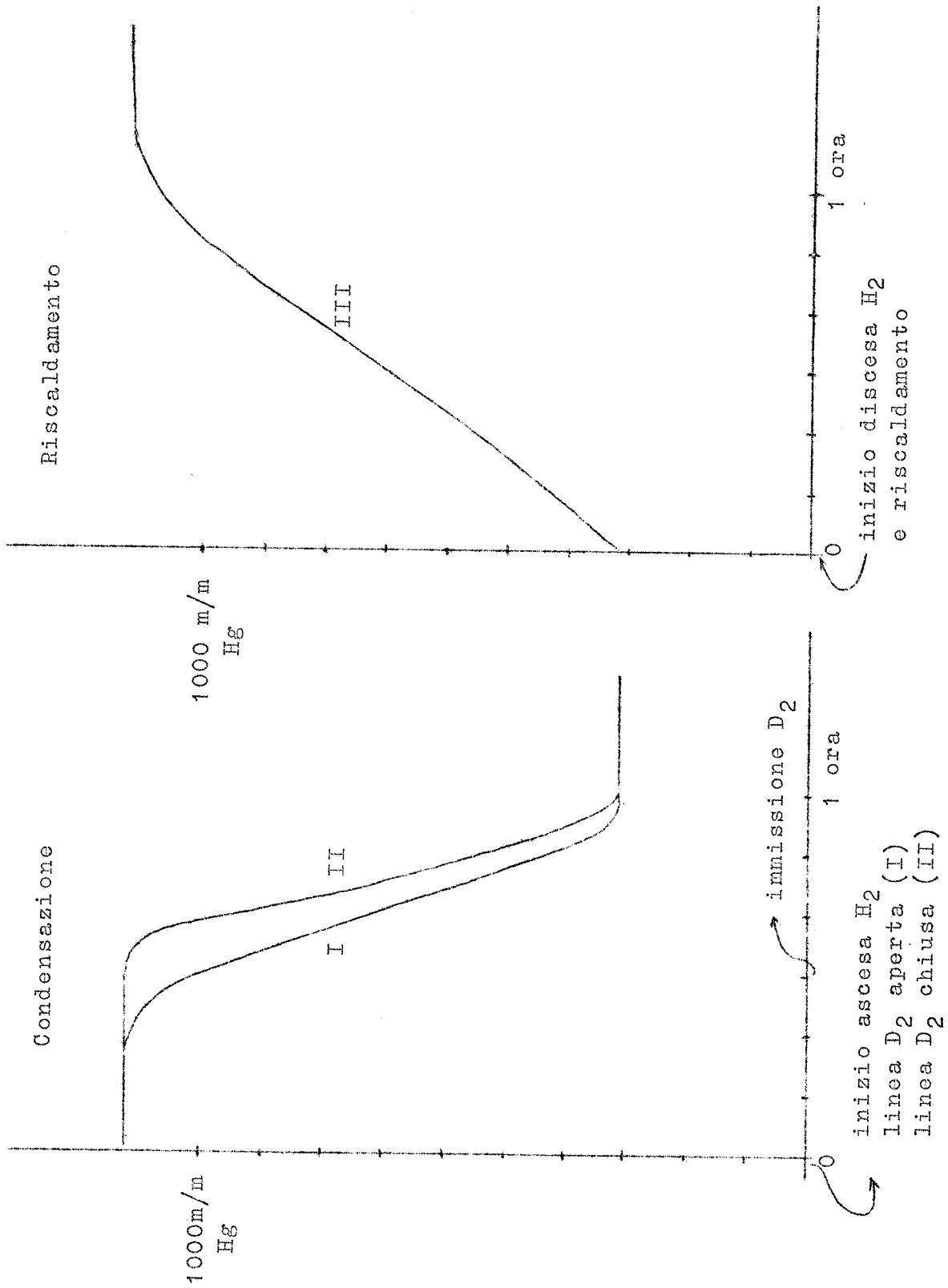


FIG. 3

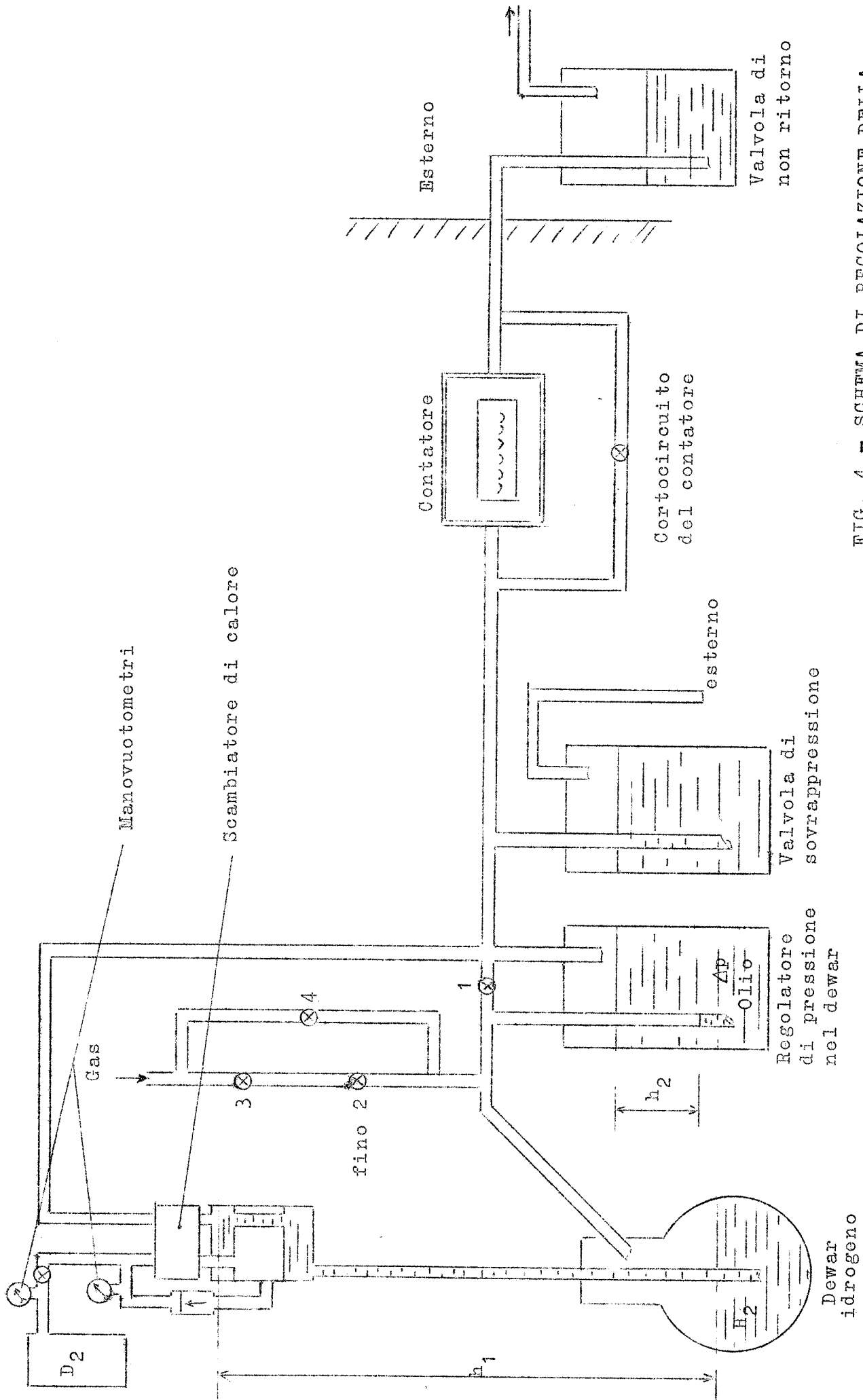


FIG. 4 - SCHEMA DI REGOLAZIONE DELLA PRESSIONE NEL DEWAR DELL'IDROGENO