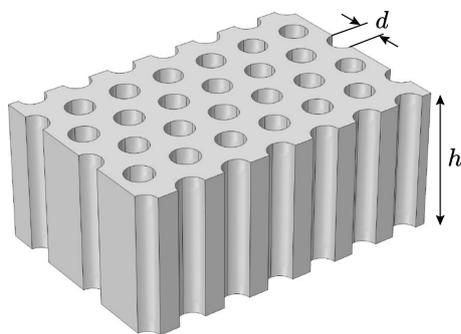


**Note generali.** Fornisci schizzi dettagliati di tutti i montaggi che usi. Stimare gli errori solo nella parte A. A seconda del metodo che avrai usato, potresti essere in grado di completare le attività richieste senza utilizzare tutta l'attrezzatura fornita.

## Membrana porosa

Studierai una membrana di ossido di alluminio anodico. La membrana è trasparente; ha spessore  $h$  e canali cilindrici di diametro  $d$  come mostrato in figura. Il tuo obiettivo è determinare i parametri  $h$ ,  $d$  e la porosità  $p$  (la frazione di volume dei canali nella membrana). Assumi che la membrana sia otticamente omogenea e si prega di non toccare la superficie della membrana!



### A Diffusione, 5 punti

**Strumentazione.** Recipiente a tenuta stagna con una finestra realizzata con la membrana e 2 tubi di collegamento con morsetti (il diametro della finestra è  $d_w = 13$  mm), dotato di sensore di concentrazione di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ , massa molare 44 g/mol) con limite di lavoro superiore dello 0,5%; accumulatore di energia; 2 ventole con blocco batteria (inserire l'ultima batteria per farle funzionare); plastilina. **Non smontare i collegamenti elettrici della configurazione**

Se  $c$  rappresenta la concentrazione (numero di molecole per unità di volume) di  $\text{CO}_2$  a un'estremità di un canale della membrana e  $c_0$  all'altra estremità, la densità del flusso di  $\text{CO}_2$  nel canale è data da  $j = D(c - c_0) / h$ ; dove  $D$  è il coefficiente di diffusione. Poiché i canali sono più stretti della lunghezza del cammino libero medio, la velocità di diffusione è determinata dal diametro dei canali:  $D \approx v d / 3$ ; dove  $v$  è la velocità quadratica media delle molecole di  $\text{CO}_2$ . La temperatura della stanza è  $T = (295 \pm 5)$  K.

**Compito.** Individua una dipendenza funzionale di come  $c - c_0$  cambia nel tempo, studia sperimentalmente questo modello, determina i suoi parametri e stima gli errori.

**Istruzioni per il sensore di  $\text{CO}_2$ .** Il sensore misura efficacemente il rapporto tra il numero di molecole di  $\text{CO}_2$  e il numero totale di molecole d'aria. Accendi il sensore collegandolo all'accumulatore di energia attraverso una porta USB. L'avvio richiede alcuni minuti. Se spegni il sensore, **tutti i dati andranno persi**.

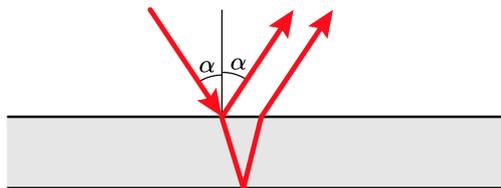
Premendo il pulsante SELECT per un secondo, si commuta il sensore tra la modalità di registrazione (R) e quella di navigazione tra i dati registrati (D). In modalità di registrazione, viene aggiunto un record ogni 20 s. La memoria contiene solo gli ultimi 200 record. Passando alla modalità di navigazione tra i dati registrati si interrompe l'aggiunta di nuovi record ma il timer continua a funzionare. In questa modalità, con i pulsanti UP e DOWN si naviga tra i record. Al ritorno alla modalità di registrazione si riprende la registrazione di nuovi dati.

Il pulsante di ripristino RST **cancella** tutti i record e ripristina il timer. I pulsanti LEFT e RIGHT non vengono utilizzati.

### B Interferenza, 6 punti

**Strumentazione.** Banco ottico; membrana (identica a quella della parte A) su un supporto; laser,  $\lambda = 660$  nm; 2 polarizzatori (l'asse del polarizzatore è contrassegnato da una linea e forma un angolo di  $45^\circ$  con il bordo della cornice); fotodiodo (la corrente di cortocircuito è proporzionale all'intensità della luce); multimetro; fili; mollette; 2 righelli; plastilina; carta bianca.

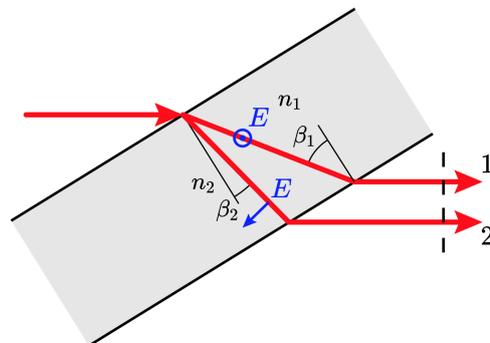
L'intensità della luce riflessa dipende dall'angolo di incidenza  $\alpha$  a causa dell'interferenza dei raggi riflessi dalle superfici superiore e inferiore della membrana.



**Compito.** Determina lo spessore  $h$  della membrana. Assumi che l'indice di rifrazione della membrana sia  $n_0 = 1.50$ . Per evitare la birifrangenza descritta nella parte C, la luce incidente deve avere polarizzazione perpendicolare al piano di incidenza (piano della figura). Se il contrasto delle interferenze è troppo debole, prova l'altra superficie della membrana.

### C Birifrangenza, 7 punti

**Strumentazione.** La stessa della parte B.



L'indice di rifrazione della membrana dipende dalla polarizzazione e dalla direzione di propagazione della luce. La membrana può essere descritta con due indici di rifrazione:  $n_o$  e  $n_e$ ;  $|n_e - n_o| \ll n_o$ . Quando il raggio laser entra nella membrana, si divide in due fasci con diverse polarizzazioni e velocità. Il raggio 1 è polarizzato in direzione normale al piano di incidenza; il suo indice di rifrazione è  $n_1 = n_o$  e non dipende da  $\beta_1$ . Il raggio 2 è polarizzato parallelamente al piano di incidenza; il suo indice di rifrazione  $n_2$  dipende da  $\beta_2$ :

$$\frac{1}{n_2^2} = \frac{\cos^2 \beta_2}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \beta_2}{n_e^2}$$

Si può dimostrare che la differenza del cammino ottico tra i raggi vale  $\delta = h(n_1 \cos \beta_1 - n_2 \cos \beta_2)$ .

**Compito.** Determina la differenza  $\Delta n = |n_e - n_o|$  della membrana. Trova la porosità  $p$  usando il grafico fornito di  $\Delta n(p)$ .

### C Conclusioni, 2 punti

**Compito.** Usando i risultati delle parti precedenti e, se necessario, facendo misure aggiuntive, stima il diametro  $d$ .