

PROBLEMA 7.10

Estrazione di una provetta **

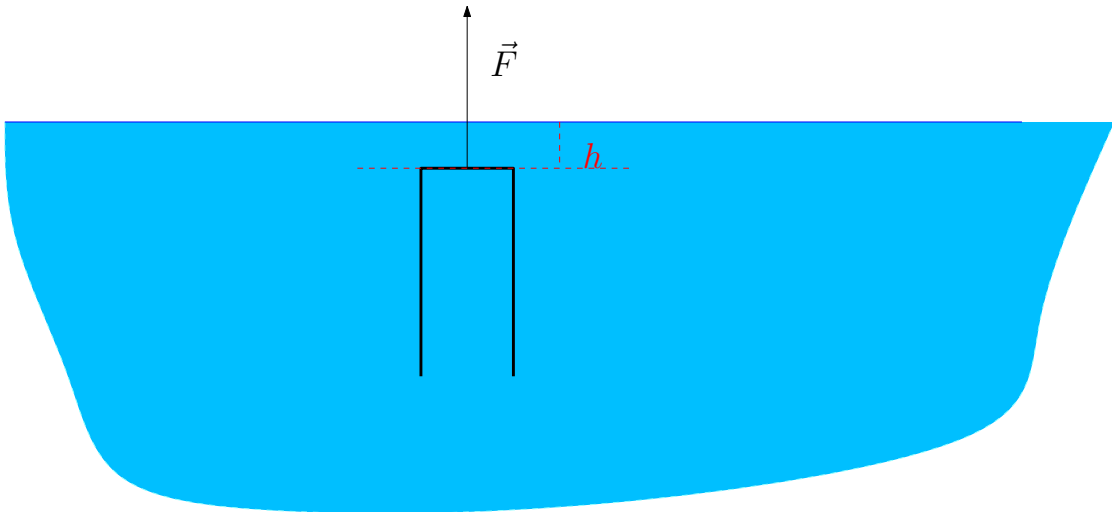


Figura 7.9.: La provetta completamente immersa nel liquido (cioè nel caso $h < 0$).

Una provetta di massa m , lunghezza ℓ e sezione S è immersa completamente in un fluido di densità ρ , che la riempie completamente. La pressione all'esterno del fluido è quella atmosferica P_A . Si può trascurare il volume occupato dalla massa della provetta. La si inizia ad estrarre mantenendola capovolta come in Figura 7.9. Vale $\rho g \ell > P_A$ e si può considerare la sezione del recipiente che contiene il fluido arbitrariamente grande.

Si chiede di determinare, sommando esplicitamente le forze in gioco, la forza \vec{F} che è necessario applicare per mantenere la provetta in equilibrio in funzione della lunghezza h della parte emersa.

Soluzione

Facendo riferimento alla Figura 7.10 possiamo distinguere quattro diverse fasi dell'estrazione. Per ciascuna consideriamo il valore delle tre forze che agiscono verticalmente: la forza peso (sempre $-mg$), la forza associata alla pressione $P^{(int)}$ applicata alla parte terminale della provetta dal suo interno, la forza $F_p^{(ext)} = -SP^{(ext)}$ associata alla pressione $P^{(ext)}$ applicata alla parte terminale della provetta dal suo esterno. Per avere equilibrio dovremo quindi applicare una forza verticale

$$F = mg - SP^{(int)} + SP^{(ext)}$$

1. La provetta è completamente immersa nel fluido. Dato che possiamo trascurare lo spessore della provetta, le pressioni $P^{(int)}$ e $P^{(ext)}$ saranno uguali (perchè alla

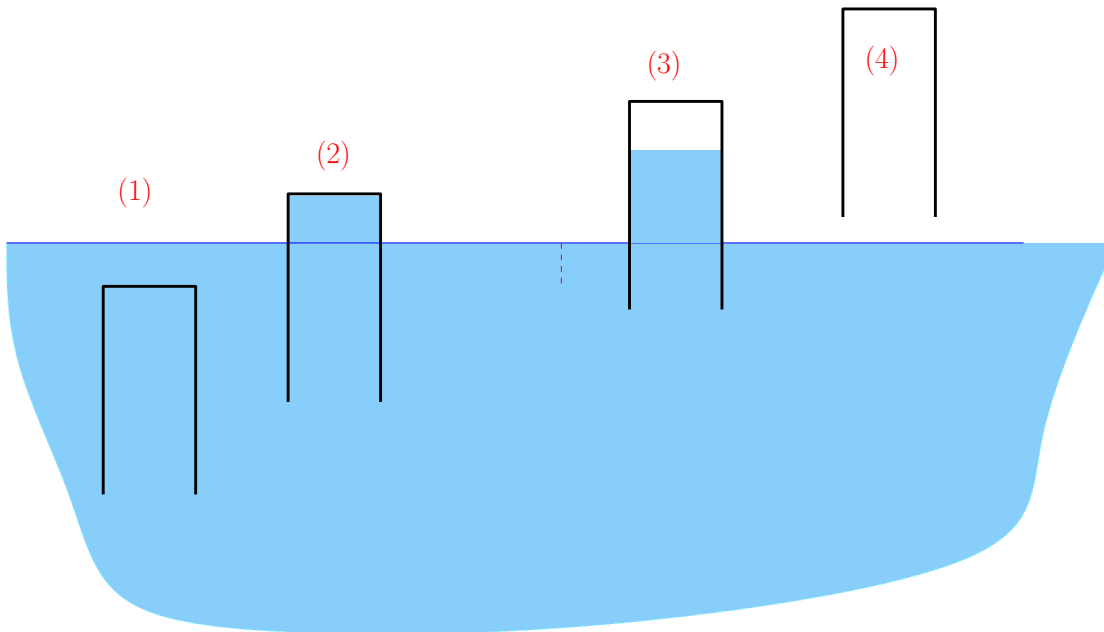


Figura 7.10.: Le quattro fasi di estrazione della provetta.

stessa altezza), e quindi

$$F = mg$$

2. Adesso una parte della provetta di lunghezza h è al di fuori del fluido. Se $\rho gh < P_A$ l'interno della provetta resta completamente riempito di fluido. Avremo quindi $P^{(int)} = P_A - \rho gh$ e $P^{(ext)} = P_A$, da cui

$$F = mg + S\rho gh$$

3. Appena $\rho gh > P_A$ l'altezza della colonna di fluido all'interno della provetta smette di salire, lasciando una frazione vuota. Di conseguenza $P^{(int)} = 0$ e $P^{(ext)} = P_A$, da cui

$$F = mg + SP_A$$

4. Adesso la provetta contiene aria, quindi $P^{(int)} = P^{(ext)} = P_A$ e

$$F = mg$$

Notare che la forza F dipende da h in modo continuo, salvo che al passaggio dalla fase 3 alla fase 4 quando si svuota bruscamente di fluido.