

Questa prova consiste nel cercare di determinare la percentuale di rame contenuta nelle monete da 10 c, 20 c e 50 c di Euro. Essa si basa sul fatto che la densità d di una lega è data dalla somma dei prodotti delle densità dei suoi componenti, d_i , per la frazione di quel componente nella lega stessa, p_i :

$$d = d_1 \cdot p_1 + d_2 \cdot p_2 + d_3 \cdot p_3 + \dots + d_n \cdot p_n.$$

dove, $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$, supponendo che i componenti la lega siano n .

Non ci si aspetta che gli studenti conoscano questa formula ma che comprendano il significato di densità di una sostanza omogenea e quello di frazione come parte di un tutto.

Nelle indicazioni operative, si suggerisce il calcolo dell'errore standard della media. Ciò ci sembra adeguato a studenti di eccellenza che partecipano ai Giochi di Anacleto come potenziamento del loro studio della fisica. Sappiamo però che ai Giochi prendono parte anche studenti di classe prima e, in alcuni casi, intere classi. Per questi è stata messa a punto una versione "soft" la quale, senza banalizzare, propone un trattamento dei dati più semplice. I docenti sceglieranno la versione che più si adatta al ruolo che i Giochi rivestono nel loro progetto di insegnamento della fisica.

Materiali necessari per l'allestimento di un singolo tavolo di lavoro

- almeno 150 g di monete da 10 c e 20 c. Sarà opportuno chiedere agli studenti che si vogliono misurare in questa prova di cominciare per tempo a farne la raccolta. L'aggiunta eventuale di monete da 50c dipende dal diametro interno del cilindro graduato che deve superare di almeno 1 mm quello della moneta: 24.25 mm.
- 1 cilindro graduato da 100 cm³. Se si usano cilindri in polipropilene assicurarsi che si veda con chiarezza il livello del liquido. Considerare eventualmente l'uso di acqua colorata.
- siringa da 50 cm³ senza ago per versare l'acqua nel cilindro
- pipetta di plastica per regolare la quantità d'acqua nel cilindro
- recipiente con circa 150 cm³ d'acqua

Sul tavolo di servizio saranno disponibili:

- bilancia; basta la sensibilità a 0.1 g o anche a 1 g: evitare le code, se possibile mettere a disposizione una bilancia ogni dieci banchi
- rotolo di carta da cucina
- secchio per versare l'acqua

Assegnazione dei compiti

La misura che si chiede di effettuare è molto semplice ma richiede una certa attenzione; la prova quindi dovrebbe essere condotta singolarmente. Se lo si giudica necessario gli studenti possono lavorare a coppie, con uno che gestisce la misura e l'altro che riporta i risultati. Un numero superiore di studenti in un solo gruppo di lavoro può risultare di disturbo.

Risultati campione per una singola misura

Prove effettuate con una bilancia di sensibilità 1g e un cilindro graduato da 200 cm³ con sensibilità 1 cm³

densità della lega residua 5.1373 g/cm³

densità del rame 8.92 g/cm³

	m (g)	Δm(g)	Δm%
massa di diverse monete	201	1	0,5%
	V (cm ³)	ΔV (cm ³)	ΔV%
volume acqua	150	1	1%
volume acqua e monete	174	1	1%
volume monete	24	2	8%

densità delle monete $d = (8.4 \pm 0.7) \text{ g/cm}^3$ $\delta d \% = 8\%$

frazione di rame nell'ottone $p_{Cu} = \frac{d - d_{lega}}{d_{Cu} - d_{lega}} = 0.86$

incertezza della misura: $\delta p_{Cu} = \left[\frac{\delta d}{d - d_{lega}} \right] \cdot p_{Cu} = 0.19 \quad [22\%]$

In alternativa

d _{max} =	9,1	g/cm ³
d _{min} =	7,7	g/cm ³

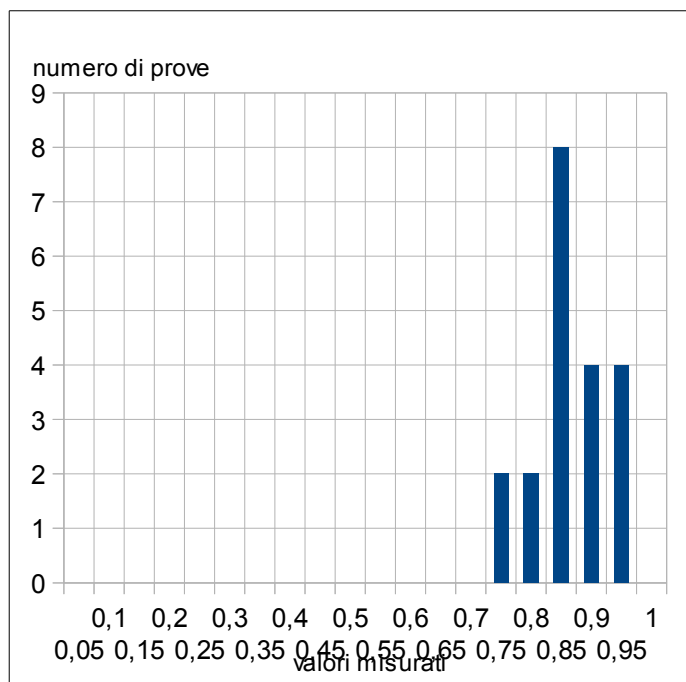
e quindi

$$(p_{Cu})_{max} = \frac{d_{max} - d_{lega}}{d_{Cu} - d_{lega}} = 1.0 \quad (p_{Cu})_{min} = \frac{d_{min} - d_{lega}}{d_{Cu} - d_{lega}} = 0.67$$

per cui si potrebbe stimare $p_{Cu} = 0.86 \pm 0.19 \quad (22\%)$

abbiamo lavorato più volte con delle differenze e ciò ci ha portato ad un'incertezza rilevante. La prova però, condotta con abbastanza cura, permette prove ripetute con risultati bene addensati attorno al valore medio.

prova	pCu	(pCu-pmedio) ²
1	0,86	0,0003
2	0,94	0,0102
3	0,83	0,0000
4	0,80	0,0015
5	0,84	0,0000
6	0,86	0,0003
7	0,86	0,0003
8	0,93	0,0087
9	0,94	0,0109
10	0,86	0,0004
11	0,95	0,0112
12	0,82	0,0005
13	0,85	0,0001
14	0,83	0,0001
15	0,78	0,0040
16	0,81	0,0010
17	0,79	0,0022
18	0,71	0,0158
19	0,83	0,0001
20	0,71	0,0180



Valore medio	errore della media
0,84	0,02

La migliore stima trovata per p_{Cu} è dunque di una frazione di 84/100 di rame nella lega di ottone, con un'incertezza di 2/100: quindi la migliore stima ottenuta fa pensare che la percentuale di rame sia compresa fra 82% e 86% con una incertezza percentuale di poco superiore del 2%.

In alternativa:

la semidispersione massima è 0.12. Considerando questa come incertezza della misura la migliore stima trovata per p_{Cu} è dunque di una frazione 0.84 di rame nella lega di ottone con un'incertezza di 0.12: quindi la migliore stima ottenuta fa pensare che la percentuale di rame sia compresa fra 72% e 96% con una incertezza percentuale molto probabilmente sovrastimata del 14%.

Tempi

In questa prova le operazioni di misura impegnano solamente una piccola frazione del tempo disponibile e gli studenti vanno aiutati ad organizzare le diverse fasi dell'attività.

Potrebbe succedere che uno studente non riesca a risolvere il sistema per trovare la frazione di rame note le densità. In questo caso, se l'insegnante lo giudica opportuno, può effettuare il calcolo per lo studente e fornirgli il risultato numerico. Naturalmente ciò comporta una penalizzazione pari al punteggio previsto per le risposte alle domande 5) e 6). Sarà bene dunque che l'insegnante disponga di un computer con questo calcolo già impostato.

Estensioni

Se i concorrenti sono più di 20 potrà essere utile esercizio ripetere la seconda parte di questa attività, con un foglio elettronico e usando tutti i dati a disposizione.