

## COME CALCOLARE IL PESO SPECIFICO DI UNA MONETA

(Di Attila650 – [www.attilacoins.com](http://www.attilacoins.com) )

Un grazie a: Ersanto, Ghezzi60, Incuso, Marco B, Mirko, Oento, PiVi1962, Ramossen, tacrolimus2000

### A cosa serve

Conoscere il peso specifico di una moneta serve per la determinazione del titolo dell'oro e dell'argento contenuto, utile informazione per poter scoprire alcuni falsi oppure per lo studio della composizione di determinate monete. Partendo dal peso e dal volume si determina il peso specifico della moneta, da qui noti i componenti si possono determinare le composizioni relative. Nel caso in cui si intenda utilizzare la semplice misurazione del peso per individuare una moneta falsa, non è una procedura che possa essere sempre seguita, perché il peso è il parametro fisico più facile da misurare, e quindi quello che deve essere riprodotto con esattezza assoluta dai falsari.

### Come si fa.

L'esperimento sfrutta il principio fisico che un corpo immerso in un liquido fa aumentare la misura del volume del liquido di una quantità pari al volume del corpo. Se si conosce il peso specifico del liquido abbiamo determinato il volume del corpo e quindi il suo peso specifico. Prendiamo come cavia per il nostro esperimento uno scudo 1874 di Vittorio Emanuele II.

I passi da seguire sono i seguenti:

- 1 - tarare la bilancia (in questo caso è stata usata una 100g passo 0,01g)
- 2 - controllo della taratura (ok perfetta)
- 3 - per prima cosa bisogna pesare la moneta "asciutta" la moneta inoltre non presenta segni di incrostazioni evidenti, solo una leggera patina.

peso misurato 24,89 grammi.

- 4 - costruzione del sistema di sospensione della moneta

nelle immagini che seguono potete vedere il sistema di sospensione costruito con pezzi di una cassetta di frutta, il filo è un normalissimo filo da



cucire, è importante che questo sia il più leggero possibile. Ho provato a pesare il filo in acqua ma, dopo aver accuratamente immerso una porzione di filo 20 volte più grande di quella che andremo ad immergere con la moneta, non ho avuto una misura apprezzabile, per cui il filo immerso differisce in peso per meno del 5% di 1/100 di grammo. Possiamo considerare il suo peso davvero trascurabile.

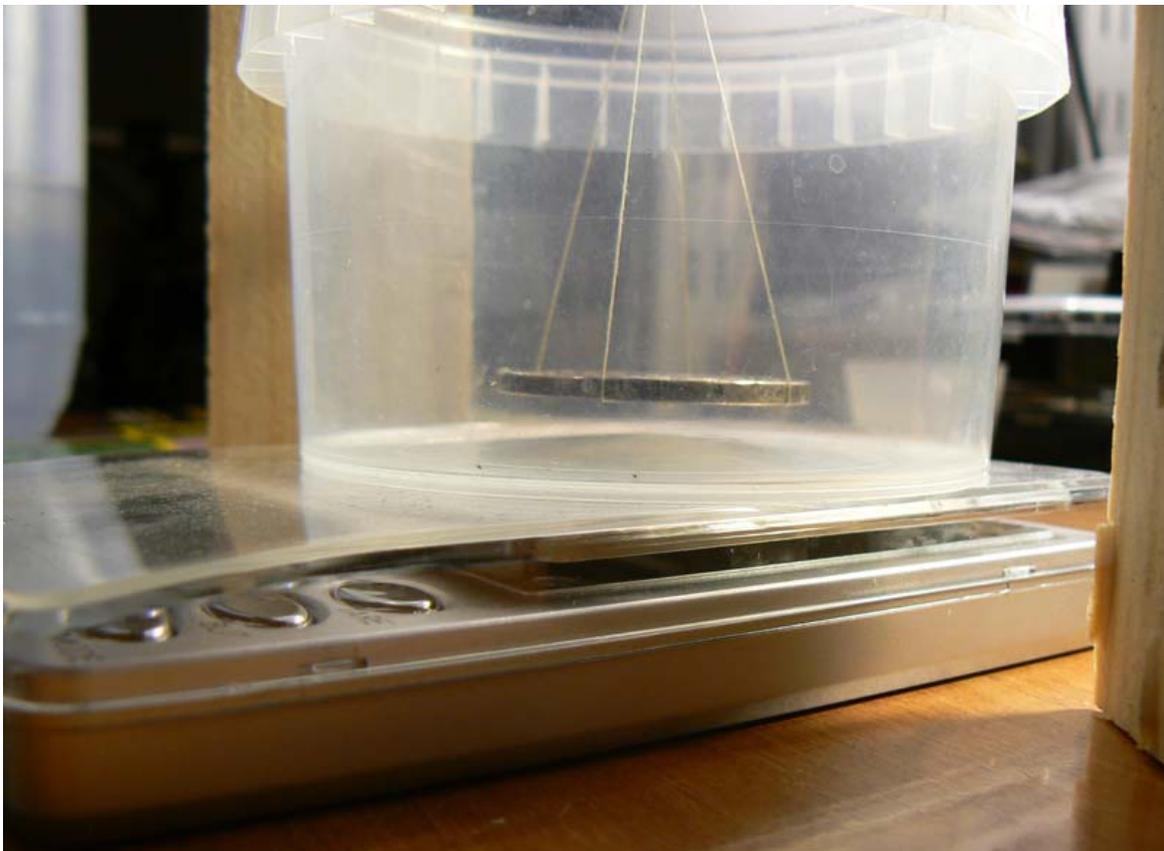
Nelle immagini che seguono vedete il sistema di sospensione



A questo punto controlliamo il sistema di sospensione appena costruito e tarriamo la lunghezza del filo.

E' necessario procurarsi una piccola ciotola di plastica trasparente (deve essere leggera e trasparente).

In queste due immagini che seguono potete vedere la moneta sospesa dentro il barattolo e nella seconda in special modo la moneta che non tocca nessuna parete del barattolo



A questo punto proseguiamo con i seguenti passi:

⑩ 5 - inserire acqua distillata nel barattolo (lavato e pulito possibilmente), è importante che sia **acqua distillata** in quanto è un liquido del quale conosciamo con esattezza la gravità specifica, si possono usare anche altri liquidi ma cambia anche il calcolo ovviamente.

⑩ 6 - pesare il barattolo con l'acqua avendo cura di non sfiorare la capacità della bilancia.

⑩ 7 - tarare la bilancia portandola a 0 (Figura sottostante)



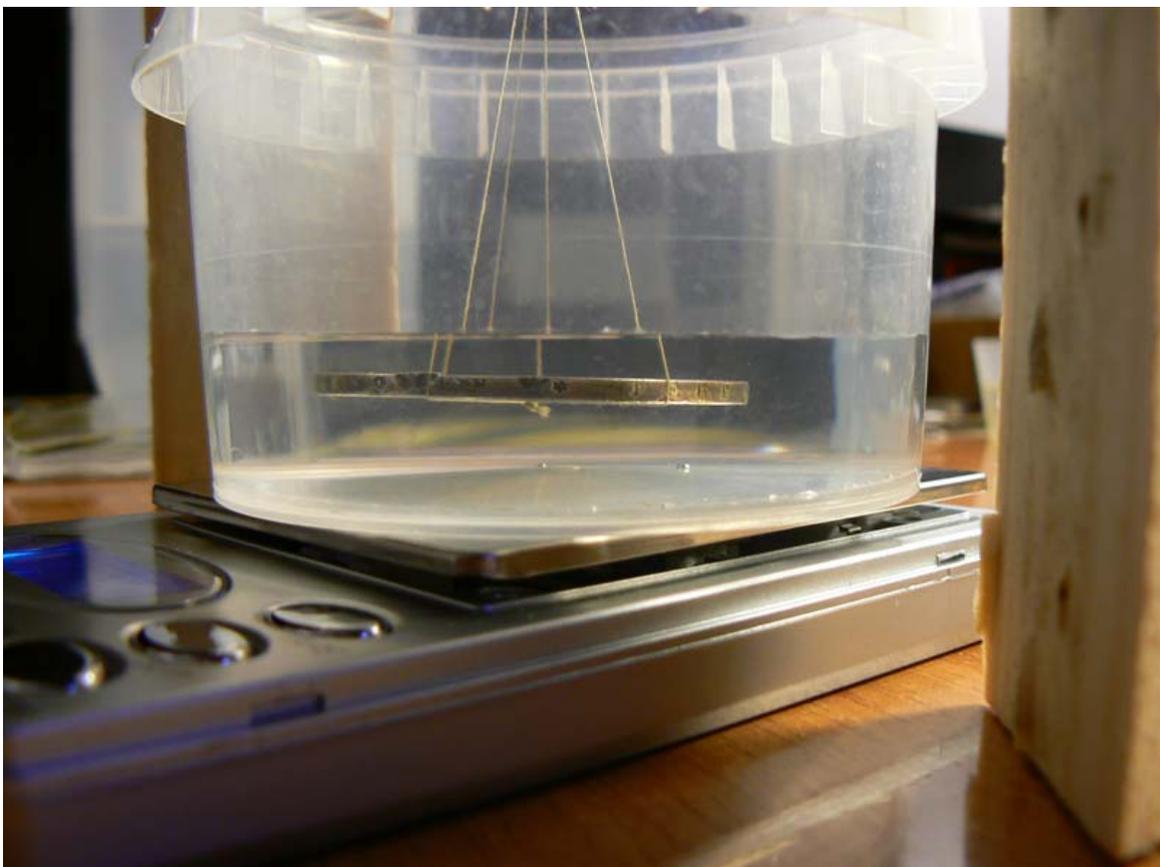
⑩ 8 - inserire il sistema di sospensione dentro il barattolo

in questa fase bisogna avere cura che non si formino delle bolle d'aria sotto la moneta, può essere un po' laborioso perchè magari bisogna cercare di annegarla un po' inclinata avendo cura di non toccare mai con le dita l'acqua (pena il fallimento dell'esperimento)



potete vedere nella figura seguente la la moneta immersa e la pesa.

L'immagine che segue è quella che preferisco, come potete vedere non ci sono bolle sotto la moneta



A questo punto siamo quasi arrivati! un po di matematica ci accompagnerà alla fine.

Dal peso della moneta immersa abbiamo ricavato: 2,41 grammi (è il peso del volume di acqua spostato dalla moneta (e dal filo)

data la precisione della bilancia il peso effettivo possiamo supporre che sia fra 2,405 g e 2,415 g e lo stesso per il peso della moneta lo consideriamo fra 24,885 e 24,895

ci sarà utile per calcolare l'errore.

Attenzione: stiamo calcolando la gravità specifica, dato che si usa l'acqua distillata questa ha lo stesso valore della densità (gt/cm<sup>3</sup>), se si usa un altro liquido i calcoli sono differenti.

### **Risultato**

Ebbene adesso facciamo semplicemente

Peso moneta asciutta/Peso in volume della moneta di acqua = 24,89 / 2,41

peso specifico moneta ottenuto = <b>10,3278 g/cm<sup>3</sup></b>
--

Peso specifico dell'argento 900 (unione monetaria latina):

Argento: 0.01049 g/mm<sup>3</sup>

Rame: 0.00893 g/mm<sup>3</sup>

Argento 900: 0.010334 g/mm<sup>3</sup> = **10,334 g/cm<sup>3</sup>**

Abbiamo ottenuto un risultato davvero molto preciso:

**differenza percentuale nella misura: 0,06%**

Valutiamo l'errore massimo nel calcolo del peso:

peso specifico minimo 10.3043 e massimo 10.3514

errore ±0,2%

### **Considerazioni sull'accuratezza**

Il calcolo del peso specifico di una moneta di grandi dimensioni può essere effettuato, come abbiamo visto, con una bilancia che ha una precisione di 0,01 grammi.

Questo tipo di bilancia può andare bene al massimo per monete di peso superiore a 5 grammi.

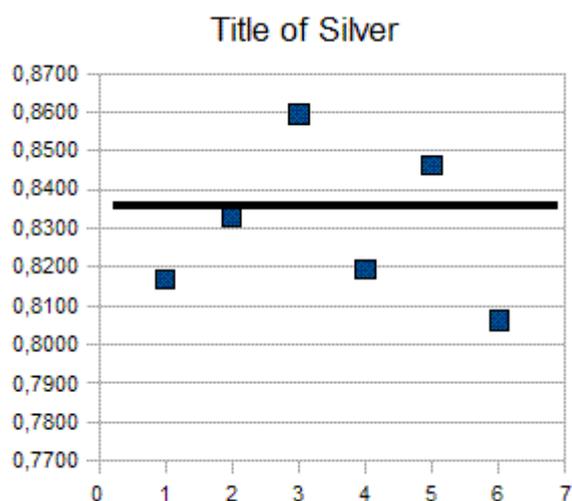
Nella tabella sotto sono stati calcolati gli errori dovuti ad una bilancia con precisione 0,01 grammi nel calcolo di monete di argento di titolo 900 e che dovrebbero avere un peso specifico di 10,33 (vedi tabelle successive)

Peso Moneta	Pmin	Pmax	ERR
24,89	10,304	10,351	0,23%
12,45	10,281	10,375	0,45%
6,22	10,235	10,423	0,90%
3,11	10,143	10,519	1,79%
2,51	10,099	10,566	2,21%
1,25	9,880	10,814	4,34%
0,63	9,466	11,344	8,34%

Come si può vedere un errore del 1% mi può spostare il calcolo della purezza della lega di anche 10 punti percentuali!

Ossia prendendo esempio dalla tabella con una moneta da 6,22 grammi mi posso trovare titoli che vanno da 835 a 980: troppo impreciso.

Per completezza si riporta qui sotto il risultato di alcuni esperimenti condotti su monete da 5 lire di Vittorio Emanuele III, aquilotti, che hanno un titolo di 835 e un peso di 5 grammi. Nel grafico i punti quadrati sono il risultato degli esperimenti condotti con una bilancia 0,01 grammi.



**per cui se si vuole valutare il peso specifico di un denaro romano o di uno zecchino dobbiamo usare una bilancia con un passo da 0,001 grammi.**

Nella tabella sotto sono stati calcolati gli errori dovuti ad una bilancia con precisione 0,001 nel calcolo di monete di argento di titolo 900 e che dovrebbero avere un peso specifico di 10,33 (vedi tabelle successive)

Peso misurato	Pmin	Pmax	ERR
24,89	10,3255	10,3302	0,02%
12,45	10,3231	10,3325	0,05%
6,22	10,3184	10,3372	0,09%
3,11	10,3090	10,3466	0,18%
2,51	10,3045	10,3512	0,23%
1,25	10,2814	10,3746	0,45%
0,63	10,2353	10,4218	0,90%

Come si può notare si ha grande accuratezza anche per monete "piccole".

### Peso specifico di alcune leghe

Peso specifico di alcuni metalli

Platinum	21.37
Silver	10.492 (10.40-10.53)
Gold	19.32
Copper	8.93
lead	11.24
Zinc	7.13 (7.04-7.16)
Tin	7.29
Nikel	8.02
Cadmium	8,648

peso specifico di alcune leghe, Valori calcolati (oro con rame, argento con rame, rame con zinco e rame con nikel)

	Purity 100%	Purity 98%	Purity 90%	Purity 835%	Purity 75%	Purity 50%
Gold	19.30	19.09	18.26	17.59	16.71	14.12
Silver	10.49	10.46	10.33	10.23	10.10	9.71
Copper (+Zinc)	8.93	8.89	8.75	8.63	8.48	8.03
Copper (+Tin)	8.93	8.93	Bronze 8.90	Bronze -asses 8.77	Orichalcum - Sestertii and dupondii 8.52	White alloy used for many fakes 8.11

## **Utilizzo di un'altro liquido per la misura.**

per evitare la formazione di bolle per la misura del peso specifico si può utilizzare un liquido diverso dall'acqua distillata. Bisognerà tenere in conto del differente peso specifico del liquido utilizzato.

con le seguenti notazioni

$P_m$  peso della moneta

$V_m$  volume della moneta = volume del liquido spostato dalla moneta

$P_q$  peso del liquido di volume uguale a quello della moneta

$P_{sq}$  Peso specifico del liquido

nel caso di un liquido generico abbiamo che

$$P_{sm} = P_m / V_m$$

misurando il peso in volume del liquido spostato dal corpo della moneta:

$$V_m = P_q / P_{sq}$$

per cui

$$**P_{sm} = P_m * P_{sq} / P_q**$$

ecco perchè quando usiamo acqua distillata di peso specifico 1 la formula si riduce a  $P_s = P_m / P_q$

se per esempio usiamo alcool etilico al 95% che ha un peso specifico di 0,81 la formula da utilizzare diventa la seguente:

$$P_s = P_m * 0,81 / P_q$$

una soluzione ancora migliore è quella di bagnare la moneta in alcool e pesarla in acqua, l'alcool che aderisce alla moneta è molto meno del volume del filo che la appende. Inoltre le molecole di alcool si mischiano con l'acqua e non si ha aumento di volume del liquido apprezzabile (da verificare)

Si potrebbe usare come liquido anche l'etanolo ma c'è il problema che il liquido è fortemente temperatura dipendente.

In altro modo si potrebbe anche demineralizzare l'acqua con una goccia di tensioattivo, il migliore è dioctylsodiumsulfosuccinate (aerosol OT è un prodotto in commercio) ma non è così facilmente reperibile.

Infine si può semplicemente demineralizzare l'acqua con una goccia di detersivo per piatti.

## Possibili Errori nell'esperimento

peso del filo:

abbiamo dimostrato che da un errore minore di 0,0005 grammi

peso specifico acqua:

il peso specifico di un corpo cambia con la temperatura, il peso specifico dell'acqua distillata a 4 gradi è  $1,0000 \text{ g/cm}^3$

il peso specifico dell'acqua a 20 gradi è  $0,9982 \text{ g/cm}^3$

si ha pertanto un errore di circa  $\pm 0,18\%$  correggibilissimo nel calcolo

per avere la massima precisione la moneta dovrebbe essere pulita e sgrassata, per quanto sia fattibile senza grossi problemi sulle monete d'oro non lo è su quelle di argento che potrebbero rovinarsi se si togliesse la patina.

il problema diventa difficilmente risolvibile matematicamente nel caso di leghe di tre o più metalli, l'unica soluzione praticabile è quella della spettrometria xrf (che però da indicazioni sulla composizione del metallo degli strati più superficiali della moneta). Con una lega di tre metalli, se non si conosce nessuno dei tre rapporti bisognerebbe risolvere due equazioni in tre incognite e questo non è possibile, si potrebbe però assumere delle ipotesi e calcolare il possibile errore per vedere quanto questo potrebbe influire nel risultato.

Per molte monete antiche in argento quali antoniniani, tetradramme alessandrine, etc. ossia monete non in semplice lega binaria, il risultato sarebbe solo un numero da interpretare e quindi utilizzabile, al limite, per test comparativi.

Anche per i denari repubblicani ed imperiali, a volte, si potrebbe effettuare una misura errata. Pur tralasciando gli elementi in tracce, va considerato ad esempio che molti denari contengono oro in percentuali che possono arrivare allo 0.7-0.9 % ed in altri casi piombo anche oltre il 6%. Per esempio

denarioA: Ag 90% - Cu 10% = peso specifico  $10.334 \text{ g/cc}$  (teorico)

denarioB: Ag 80% - Cu 13% - Pb 7% = peso specifico  $10.339 \text{ g/cc}$  (teorico)

In pratica, i risultati devono essere sempre interpretati e non utilizzati come verdetti sulle monete analizzate.

Nel caso si analizzi monete d'oro e d'argento che abbiano un titolo alto, diciamo superiore al 95% allora i risultati possono essere precisi e possono

darci una buona indicazione sulla lega della moneta. Via via che il titolo del metallo principale decresce i risultati sono sempre più imprecisi. Monete dal basso contenuto di oro per esempio non darebbero grandi indicazioni dal loro peso specifico in quanto non possiamo conoscere la proporzione degli altri metalli presenti nella lega.

### **Conclusioni:**

**Il metodo proposto serve a calcolare con buona precisione il peso specifico di una moneta, si applica a monete antiche e moderne e non è per niente distruttivo.**

**uno strumento davvero utile in mano di appassionati e professionisti per avere una buona indicazione del peso specifico della moneta che si vuole studiare!**

### **Bibliografia**

#### **Books**

Kowalski and Reimers, Analyse non-destructive de monnaies d'or médiévales (Brussels, 1971)

Luigi Vitiello, Oreficeria moderna (Hoepli Editore, 1995).

#### **Web**

[http://www.attilacoins.com/calcolo\\_peso\\_specifico\\_moneta.asp](http://www.attilacoins.com/calcolo_peso_specifico_moneta.asp)

#### Moneta-L

List dedicated to the joys of ancient coin collecting.

#### LaMoneta

Network di numismatica e storia.

[ITA]

#### [http://www.simetric.co.uk/si\\_metals.htm](http://www.simetric.co.uk/si_metals.htm)

The mass of over 30 different metals and alloys are listed

#### [http://it.wikipedia.org/wiki/Gravità\\_specifica](http://it.wikipedia.org/wiki/Gravità_specifica)

[ITA]

#### [http://simple.wikipedia.org/wiki/Specific\\_gravity](http://simple.wikipedia.org/wiki/Specific_gravity)

[ENG]

What is Specific Gravity (SG)

### **Nota: Utilizzo di un piattino per la misura:**

si potrebbe utilizzare un piattino trasparente su cui adagiare la moneta ma bisogna sempre assicurarsi che non si formino bolle tra il piattino e la moneta, per le monete di piccola dimensione può essere utile immergere prima il piattino e poi "tuffarci" sopra la moneta stando attenti a non bagnarsi le dita.

### **Nota sul peso specifico di una lega**

Si assume di calcolare erroneamente il peso specifico in volume considerando che il volume totale è pari al volume dei due metalli separati, il che non è sempre vero, nel caso in questione dove si usano due metalli l'errore è trascurabile.

Se supponiamo che una moneta è fatta di una lega di due metalli potremmo anche calcolare il titolo dei metalli che la compongono.

Per esempio:

sia X il titolo dell'argento di una moneta composta di argento e rame  
sia P e V il suo peso e volume

sia Ps il peso specifico, misurato con il nostro sistema, della moneta

Parg e Pram i pesi rispettivamente dell'argento e del rame contenuti nella moneta.

Psarg e Psram i pesi specifici rispettivamente dell'argento e del rame.

allora

$$P = Parg + Pram = Psarg * Varg + Psram * Vram = Parg * V * X + Psram * V * (1-X)$$

quindi considerando che  $P/V = Ps$

$$Psarg * X + Psram * (1-X) = Ps$$

che con semplici operazioni algebriche

$$X = (Ps - Psram) / (Psarg - Psram)$$

### **Nota: dimostrazione come dal calcolo del diametro e spessore non si arriva al volume**

Prendo uno degli scudi in mio possesso e misuro i seguenti dati:

Diametro: 37 mm

Spessore: 2,5 mm

Lo spessore è stato misurato al bordo con un calibro che apprezza il decimo di millimetro.

Purtroppo non riesco a misurare bene il fondo ma rilevo che lo spessore al fondo è di circa 2,35 mm

Ora la superficie della faccia della moneta è  $3.14 \cdot D^2/4 = 1075,21 \text{ mm}^2$

quindi Volume =  $2688.03 \text{ mm}^3$

Bene a questo punto riporto i pesi specifici dei metalli di cui è costituita la moneta:

Argento:  $0.01049 \text{ g/mm}^3$

Rame:  $0.00893 \text{ g/mm}^3$

Con un po di calcoli risolvendo due equazioni in due incognite (che vi risparmio)

Si ricorda comunque che per il peso specifico della lega la composizione è data in massa, non in volume. Cioè ogni 100 grammi di Ag900 90 sono di argento e 10 di rame. Se si calcolasse il peso specifico in volume su avrebbe una approssimazione data dal fatto che il volume totale è pari al volume dei due metalli separati, il che non è sempre vero, nel caso in questione comunque l'errore sarebbe ridotto. In ogni caso se facessi il calcolo con il titolo applicato direttamente al volume arriverei ad un risultato similissimo, infatti non è questo il punto dolente.

si arriva a:

Volume occupato dall'argento:  $2377.69 \text{ mm}^3$

Volume occupato dal rame:  $310.34 \text{ mm}^3$

Moltiplichiamo il peso specifico per il volume appena trovato:

$\text{PspecArg} \times \text{Volume occup dall'argento} = \text{Peso di argento}$

Peso argento: 24.94 g

Peso rame: 2.77 g

La cui somma fa la bellezza di 27,71 grammi

Ok ok direte voi il problema sta semplicemente nella misura dello spessore della moneta. Probabile, però ho fatto il calcolo che per avere il valore corretto dovrei misurare uno spessore di 2.255 mm ma sarebbe davvero troppo, addirittura sotto la superficie del fondo, per riprova ho fatto questa analisi con il 5 lire aquilotto e il risultato è che dovrei avere uno spessore di 1,18 mm invece di 1,68 correttamente misurato (qui siamo molto molto fuori)

quindi questa tecnica è SBAGLIATA e non può essere utilizzate per il calcolo del volume di una moneta