

# 2E, Verifica di Fisica 23/01/25, Soluzioni

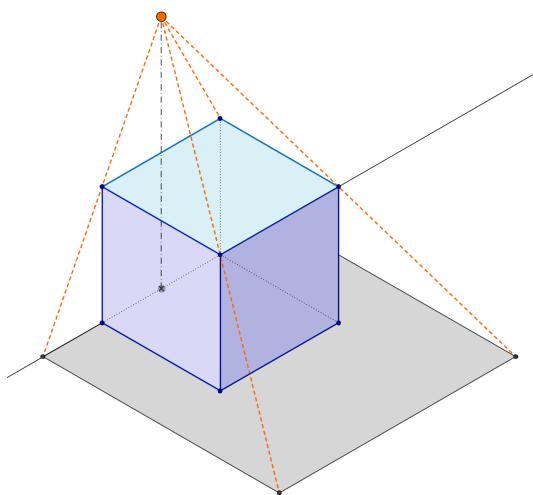
**Esercizio 1.** (10◇) Una spada di ferro di massa  $M = 6 \text{ Kg}$ , appena estratta dalla forgia, ha una temperatura di  $900^\circ\text{C}$  e viene rapidamente e completamente immersa in un recipiente contenente  $100 \ell$  di acqua a  $20^\circ\text{C}$ . Trascurando gli scambi di calore con l'ambiente e con il recipiente, si determini se l'immersione vaporizza dell'acqua (determinandone eventualmente quanta) e la temperatura di equilibrio del sistema formato dalla spada e dall'acqua restante. Le costanti fisiche (potenzialmente) di rilievo sono riportate nella tabella seguente.

	calore specifico	densità a $20^\circ\text{C}$	$T$ di fusione	$T$ di ebollizione	$L_F$	$L_V$
acqua	$4187 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{K}}$	$1 \frac{\text{Kg}}{\ell}$	$0^\circ\text{C}$	$100^\circ\text{C}$	$333.7 \frac{\text{J}}{\text{g}}$	$2256.5 \frac{\text{J}}{\text{g}}$
ferro	$460 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{K}}$	$7.9 \frac{\text{Kg}}{\ell}$	$1538^\circ\text{C}$	$2861^\circ\text{C}$	$234.5 \frac{\text{J}}{\text{g}}$	$19365.1 \frac{\text{J}}{\text{g}}$

**Soluzione.** Benché l'acqua possa vaporizzare anche a temperature ben inferiori ai  $100^\circ\text{C}$ , il fatto che la spada sia immersa *completamente e rapidamente* rende plausibilmente trascurabile il quantitativo d'acqua che vaporizza per contatto. Inoltre il quantitativo di energia necessario a portare  $100 \ell$  (ossia  $100 \text{ Kg}$ ) di acqua da  $20^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$  è considerevole, pari a circa  $33.5 \text{ MJ}$ . In particolare la spada, per quanto rovente, **non vaporizza il liquido** in cui è immersa (o comunque ne vaporizza una quantità trascurabile). La temperatura di equilibrio del sistema ferro + acqua, considerando per semplicità lo zero termico a  $-273^\circ\text{C}$ , è dunque data da

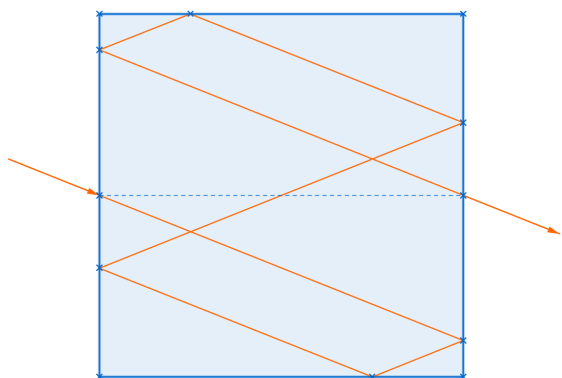
$$T_{eq} = \frac{100 \cdot 4187 \cdot 293 + 6 \cdot 460 \cdot 1173}{100 \cdot 4187 + 6 \cdot 460} \text{ } ^\circ\text{K} \approx 298.763^\circ\text{K} \approx 25.76^\circ\text{C}.$$

Qualitativamente, l'immersione della spada in acqua raffredda parecchio la spada (temprandola, ossia rendendo molto rigido il reticolo cristallino superficiale), ma riscalda di poco l'acqua nel recipiente.



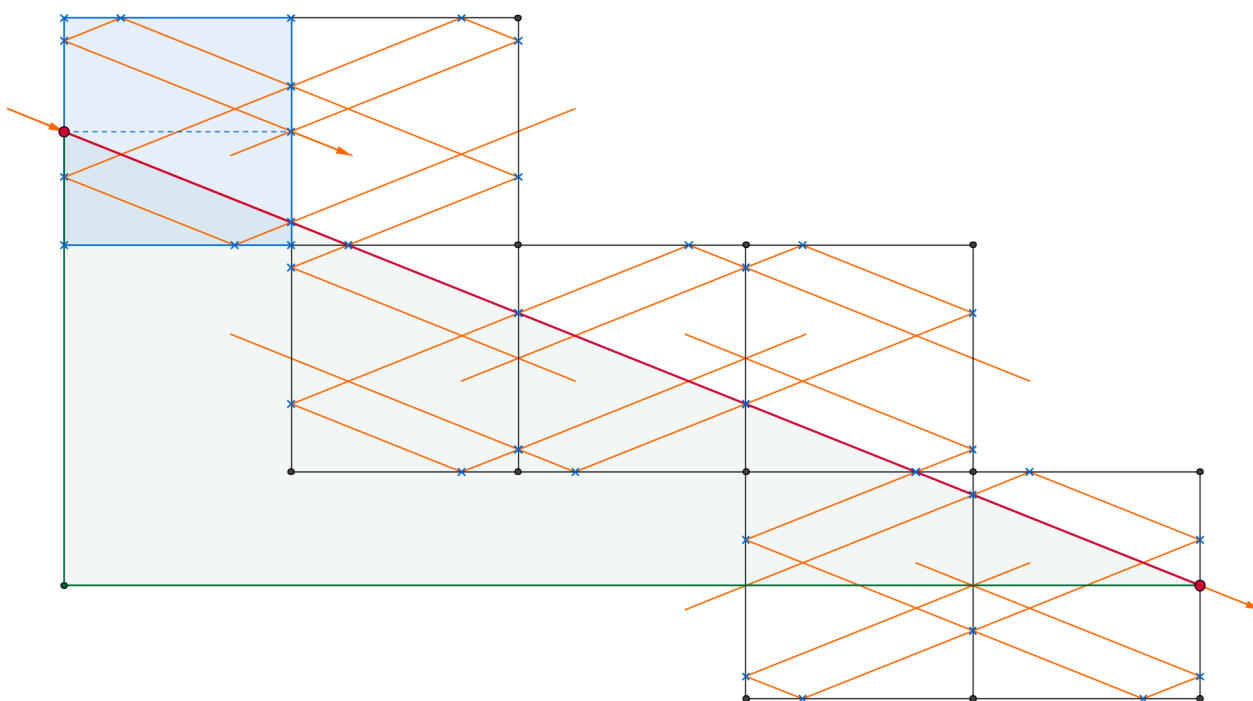
**Esercizio 2.** (14◇) Un cubo di lato  $10 \text{ cm}$  è appoggiato sulla superficie orizzontale di un tavolo. Una sorgente luminosa puntiforme si trova  $20 \text{ cm}$  al di sopra del punto medio di uno degli spigoli di base. Qual'è l'area della regione del tavolo occupata dall'ombra del cubo?

**Soluzione.** Per propagazione rettilinea della luce, e soprattutto per il Teorema di Talete in versione tridimensionale (rette incidenti tagliate da un fascio di piani paralleli), i vertici dell'ombra sono quelli di un quadrato di lato doppio rispetto allo spigolo del cubo. Per il principio di scala l'ombra del cubo ha un'area pari a 3 volte quella di una faccia del cubo, cioè  $300 \text{ cm}^2$ .



**Esercizio 3.** (18◇) Un raggio laser entra all'interno di una regione quadrata dalle pareti perfettamente riflettenti. Il punto di ingresso del raggio è nel punto medio di un lato e il punto di uscita è il punto medio del lato opposto; le direzioni di ingresso e di uscita coincidono. Se la regione quadrata ha lato  $1 m$  e la traiettoria del raggio laser è il 6-sponde in figura, qual è la lunghezza del tragitto coperto da un singolo fotone all'interno della regione quadrata?

**Soluzione.** Per i principi che regolano la cinematica dei fotoni (principio di minima azione in versione corpuscolare, principio di Fresnel-Huygens in versione ondulatoria), quando la luce si propaga in un mezzo isotropo e viene riflessa da una superficie piana, la simmetrica della traiettoria post-urto (traiettoria virtuale) costituisce un prolungamento della traiettoria pre-urto (traiettoria reale). Ciò comporta che prendendo la nostra traiettoria reale e riflettendola ripetutamente rispetto alla sponde finiamo per “raddrizzarla”, cioè per ottenere un segmento della stessa lunghezza in un piano virtuale. Consideriamo che un fotone all'interno della camera riflettente colpisce quattro volte una sponda verticale e due volte una sponda orizzontale:



Ciò comporta che la lunghezza della traiettoria reale sia quella dell'ipotenusa di un triangolo rettangolo avente cateti che misurano  $2 m$  e  $5 m$ . Dal Teorema di Pitagora segue che quanto cercato è

$$\sqrt{29} m \approx 5.385 m.$$