



Associazione per l'Insegnamento della Fisica

Campionati 2026 di FISICA

★★ 40^a edizione! ★★



Gara Nazionale - Prova teorica

Senigallia (AN) - venerdì 17 aprile 2026

ISTRUZIONI:

Tempo: 4 ore

**Non sfogliare il fascicolo !
Aspetta che sia dato il via.**



Ministero dell'Istruzione
e del Merito

I Campionati di Fisica
sono organizzati dall'AIF;
sono finanziati e inseriti dal MIM
nel Programma annuale per la
valorizzazione delle eccellenze.

1. Appena ti verrà dato il via, controlla che il **Codice Studente** riportato sulla busta grande, sulla busta piccola e sul cartoncino sia lo stesso.

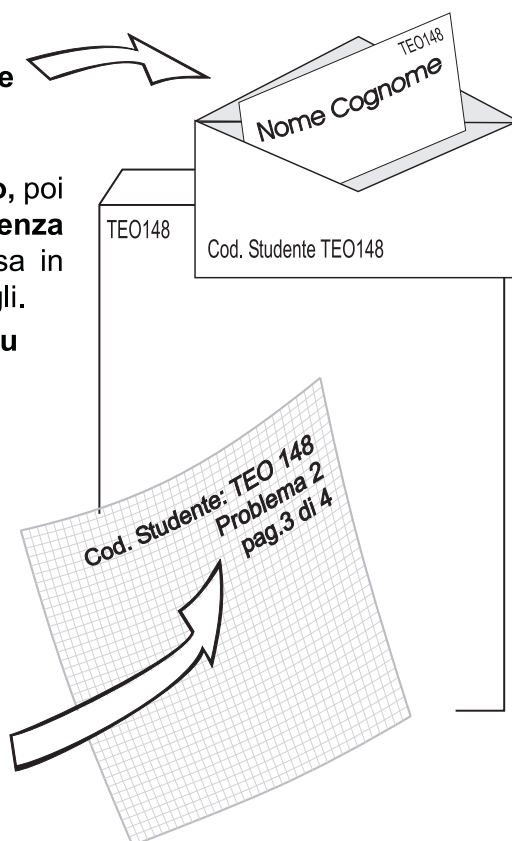
Scrivi chiaro il tuo **NOME e COGNOME** sul cartoncino, poi inserisci il cartoncino nella busta piccola e chiudila **senza incollare il lembo**; metti subito la busta piccola chiusa in quella grande che userai alla fine per consegnare tutti i fogli.

Successivamente, NON dovrai scrivere il tuo nome su nessun foglio né sulle buste,

ma userai solo il "Codice Studente" !

2. Leggi con cura i testi dei problemi proposti.
3. E' assolutamente necessario, per non rischiare di essere penalizzati, **utilizzare un foglio diverso per ogni problema.**
4. Su ogni facciata scrivi chiaramente in alto a destra:
 - il tuo **Codice Studente**
 - il **numero** del problema
 - il **numero di pagina** (a partire da 1 per ogni problema)
 - il **numero totale di pagine** usate per quel problema:

per esempio pag 3 di 4.



La Gara Nazionale ha il sostegno del

Liceo Statale "E. Medi" di Senigallia

Con il supporto di

CASIO
www.casio-edu.it

LEGGI CON CALMA E MOLTA ATTENZIONE !

NON SCRIVERE il tuo nome su nessun foglio (ad esclusione del cartoncino che va inserito nella busta piccola, come detto in copertina). Devi SCRIVERE solo il tuo **Codice Studente** (riportato sulla busta piccola colorata) su ogni foglio a quadretti utilizzato e su ciascun **Foglio Riassuntivo**.

Insieme ai testi, per ogni problema ti viene consegnato un **Foglio Riassuntivo** sul quale dovrai riportare in modo sintetico le risposte a ogni domanda; i **valori numerici** devono essere scritti secondo la **NOTA** riportata sotto.

È **ESSENZIALE** che tutti i risultati (formali e numerici) che hai trovato per ciascun problema siano riportati sul relativo **Foglio Riassuntivo**: questo costituisce la base della valutazione della tua prova.

Ricordati di usare un foglio a quadretti diverso per ogni problema e di scrivere per prima cosa, in alto a destra, il tuo **Codice Studente**!

Sui fogli a quadretti devono essere riportate le soluzioni dettagliate, cercando di limitare il testo scritto e di privilegiare invece equazioni, simboli, numeri e diagrammi.

Su ogni facciata dei fogli a quadretti con la soluzione di un problema va sempre scritto, in alto a destra, il numero del problema, il numero di pagina e il numero totale di pagine utilizzate per quel problema, come descritto in copertina.

Infine un utile consiglio: tieni presente che non sempre la soluzione di una domanda richiede di aver risolto le domande precedenti.

NOTA importante sulla SCRITTURA DEI RISULTATI NUMERICI

Come nella prova di Secondo Livello, il **risultato numerico finale** - salvo indicazione diversa data nel testo - dovrà essere scritto, con l'opportuno arrotondamento,

sempre con TRE cifre significative,

seguito dall'unità di misura compresa nel S.I., quando dovuta.

a) Deve essere utilizzata la notazione scientifica, con la prima cifra diversa da zero prima del punto (o virgola) decimale e con la corretta potenza di 10; in alternativa si può usare la corrispondente notazione simbolica in uso in informatica.

Esempi:

$1/20 = 0.05$ deve essere scritto come 5.00×10^{-2} (oppure, in notazione simbolica, 5.00E-2)
 $-6344.84...$ deve essere scritto come -6.34×10^3 (oppure -6.34E3)

b) Casi particolari: se il valore numerico cade nell'intervallo [0.100– 999], ovvero quando l'esponente del 10 è compreso tra -1 e 2, la potenza di 10 può essere omessa.

Esempi:

$1/\sqrt{2} = 0.707106...$ si può scrivere **0.707** invece che 7.07×10^{-1}
 $-\pi/2 = -1.5707963...$ si può scrivere **-1.57** invece che -1.57×10^0
 $84.174563...$ si può scrivere **84.2** invece che 8.42×10^1
 $400/3 = 133.333...$ si può scrivere **133** invece che 1.33×10^2

- Costanti e dati numerici non inseriti nei testi: **utilizzare quelli riportati nella Tavola a pag. 7.**
- Se fosse necessario trascrivere a mano un risultato numerico intermedio, si consiglia di conservare i valori trovati, senza troncarli o arrotondarli a poche cifre.

FORMULE UTILI DI MATEMATICA

Per $x \ll 1$ si possono utilizzare queste approssimazioni (*):

[A1] $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$

[A2] $\sin x \approx x$; [A3] $\tan x \approx x$; [A4] $\cos x \approx 1 - \frac{1}{2}x^2$

[A5] $e^x \approx 1 + x$; [A6] $\ln(1+x) \approx x$

(*) Se x è un angolo, deve essere espresso in radianti.

P1**Il fischio del treno****Punti 100**

Una sorgente sonora S , in moto a velocità costante v , emette un segnale, a frequenza f_0 ; un sensore ne misura la frequenza f . Si assuma per la velocità del suono $c = 340 \text{ m s}^{-1}$, maggiore di quella della sorgente.

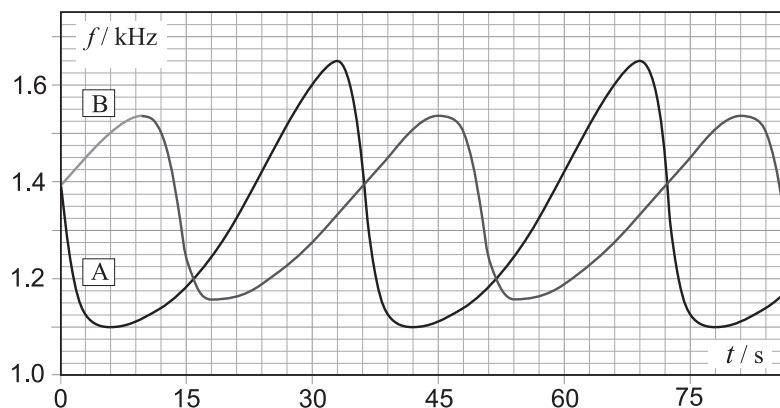
1. Quale frequenza f verrà registrata da un sensore fermo in un punto P di fronte alla sorgente se questa gli sta andando incontro lungo la congiungente SP ?

Più in generale, il sensore è posto in un punto P , molto lontano dalla sorgente, tale che la direzione SP formi un angolo φ con la velocità della sorgente stessa.

2. Determinare la frequenza registrata e dire per quali valori dell'angolo φ è maggiore, minore o uguale alla frequenza emessa f_0 . Determinare le espressioni di f_{\max} e f_{\min} registrate.

Si sta sperimentando un tracciato circolare di prova, a curvatura molto stretta, per treni ad alta velocità, in cui i binari sono opportunamente inclinati rispetto al piano orizzontale.

Il treno, percorrendo diversi giri a velocità costante v , emette un segnale continuo a frequenza costante f_0 ; questo viene registrato da due sensori A e B , fissati sul terreno allo stesso livello del tracciato di prova, avente raggio r . Il grafico mostra le due curve ottenute.



Nel seguito, le risposte dovranno essere accompagnate da una rappresentazione grafica della situazione in esame, avendo fissato un sistema di riferimento cartesiano piano con origine nel centro O del tracciato di raggio r . Per iniziare, si scelga l'asse x lungo la congiungente del centro con la posizione del sensore A e si assumano per A le coordinate $(a, 0)$, con $a > r$.

3. Determinare la massima frequenza registrata dal sensore A , in funzione di r , a ed f_0 e, sul piano cartesiano, indicare con M_1 il punto del tracciato circolare in cui si trovava il treno nel momento in cui emetteva il segnale che, dopo un certo ritardo, è stato ricevuto con la frequenza massima. Analogamente, per la minima frequenza, indicare il punto M_2 . Riportare chiaramente nel disegno i parametri r e a , indicando con α l'angolo $\widehat{M_1OA}$.
4. Dal grafico precedente, che riporta la registrazione dei due sensori, ricavare la frequenza f_0 del segnale emesso dal treno e la velocità v del treno.
5. Calcolare il raggio r del tracciato circolare e le distanze $a = \overline{OA}$ e $\overline{M_1A}$, spiegando perché, in questo caso, si può ignorare il tempo di ritardo di propagazione del segnale sonoro.
6. Spiegare perché il sensore B è certamente posto all'interno del tracciato del treno. In una seconda figura, relativa al sensore B , disegnare un piano cartesiano analogo al precedente, in cui il sensore B è posto in $(b, 0)$ con $b < r$. Si determinino le espressioni della frequenza massima e minima registrata dal sensore B in funzione di f_0 , r e della sua distanza b dal centro O del tracciato, riportando poi i punti N_1 e N_2 corrispondenti alle due posizioni del treno definite come sopra. Indicare con β l'angolo $\widehat{N_1OB}$.
7. Si calcolino le distanze $b = \overline{OB}$ e $\overline{N_1B}$.
8. Utilizzando adesso un unico piano cartesiano, sul quale il sensore A sta di nuovo in $(a, 0)$, dopo aver determinato l'angolo $\theta = \widehat{M_1ON_1}$, si riporti la corretta posizione del sensore B rispetto ad A e si calcoli la distanza L tra di essi.

P2**Tre-in-uno****Punti 100****A - La Bottiglia di Leida**

Agli albori della ricerca sull'elettricità (circa 1750) si conosceva solamente un dispositivo per “immagazzinare” l'energia elettrica, conosciuto come *bottiglia di Leida*, dal nome dell'omonima città olandese. Questo è un contenitore in vetro a forma cilindrica sulle cui superfici interne ed esterne, **compresa la base**, sono applicati dei fogli di alluminio. Come in un condensatore piano si hanno quindi due superfici metalliche isolate l'una dall'altra. In questo caso la distanza tra i due piani sarà semplicemente lo spessore del vetro, molto sottile, per cui le superfici metalliche interne ed esterne sono da considerarsi praticamente identiche e gli effetti di bordo possono essere trascurati.

Si consideri la seguente bottiglia di Leida: il contenitore è stato ricoperto all'interno e all'esterno con fogli di alluminio per un'altezza $h = 18.0$ cm e, analogamente, è stato ricoperto il fondo circolare che ha raggio $r = 4.2$ cm. Lo spessore del vetro è $d = 2.0$ mm. La costante dielettrica del vetro di questa bottiglia è $\epsilon_r = 8.1$.

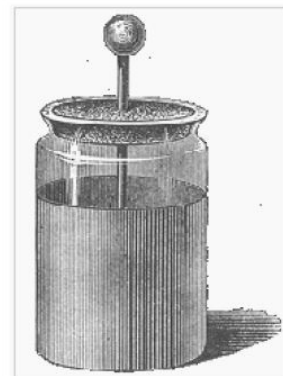
1. Calcolare la capacità C di questa bottiglia di Leida.

La rigidità dielettrica è definita come il valore limite di campo elettrico E_{\max} , oltre il quale si produce una conduzione di elettricità (scarica elettrica) attraverso il materiale dielettrico. La rigidità dielettrica del vetro è all'incirca $E_{\max} = 30 \times 10^6 \text{ V m}^{-1}$.

2. Calcolare la carica massima Q_{\max} che può essere accumulata su questa bottiglia di Leida.

Dopo aver caricato la bottiglia di Leida fino al massimo trovato sopra, si collegano le due superfici metalliche attraverso una resistenza $R = 100 \Omega$.

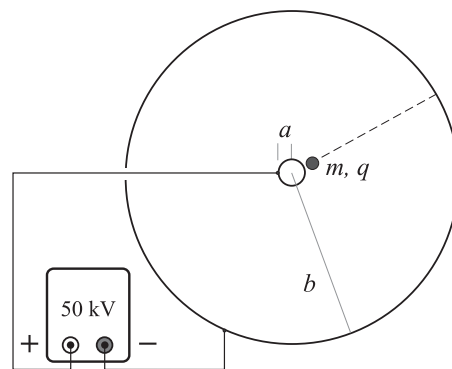
3. Dopo quanto tempo t_E la bottiglia di Leida si sarà scaricata fino allo 0.10 % della carica iniziale?

**B - Volo di una particella carica puntiforme**

L'apparato mostrato in figura – dove per chiarezza le proporzioni non sono rispettate – è costituito da una piccola sfera conduttrice di raggio $a = 1$ cm, caricata positivamente (anodo) al centro di una sfera molto più grande, di raggio $b = 1$ m, caricata negativamente (catodo). Tra le due sfere viene stabilita una differenza di potenziale $\Delta V = 50$ kV.

Una particella carica, positiva e puntiforme, con $k = q/m = 10^2 \text{ C kg}^{-1}$, mantenuta ferma in prossimità della superficie della sfera piccola, viene lasciata e inizia a muoversi nel vuoto verso il catodo.

1. Ricavare l'espressione della velocità v della particella, in funzione della sua distanza r dal centro del sistema e dei dati del problema.
2. Determinare il tempo di volo della particella.

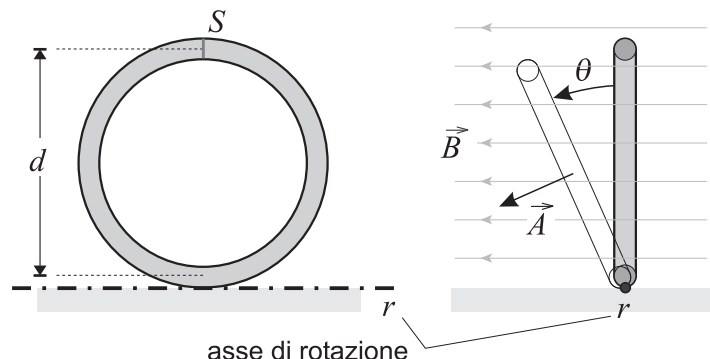


Nella soluzione può servire il seguente integrale:

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1-a/x}} = \sqrt{x(x-a)} + a \ln(\sqrt{x} + \sqrt{x-a}) + c \quad \text{per } x > a > 0.$$

C - Correnti indotte in anello che cade

Un grande anello sottile di materiale conduttore di bassa conducibilità, avente diametro $d = 1$ m, si trova in posizione verticale su di un pavimento orizzontale ed è vincolato in modo che possa ruotare senza attrito attorno all'asse r costituito dall'intersezione del piano dell'anello con il piano orizzontale. L'anello ha una sezione trasversale $S = 1$ cm².



Essendo in equilibrio instabile, l'anello inizia a cadere. Nella regione dove si trova l'anello il campo magnetico terrestre può essere considerato orizzontale, rivolto nella direzione iniziale dell'asse dell'anello con un'intensità $B = 50 \mu\text{T}$.

1. Supponendo di poter trascurare gli effetti dovuti alla corrente indotta nell'anello, determinare il modulo della f.e.m. indotta in funzione dell'angolo θ tra il piano verticale e il piano dell'anello.
2. Sapendo che la resistività del conduttore è $\rho = 0.2 \mu\Omega \text{ m}$, qual è il massimo valore della corrente I circolante nell'anello mentre esso cade al suolo?

Nelle domande precedenti si è trascurato il momento torcente dovuto al campo magnetico sulla spira percorsa da corrente.

3. Si giustifichi a posteriori questa affermazione, dando una stima quantitativa del rapporto fra i valori massimi dei moduli del momento magnetico e del momento meccanico – calcolati rispetto al punto di contatto – agenti sulla spira.

Si ricorda che il momento d'inerzia di un anello sottile, rispetto a un asse diametrale, è $\frac{1}{2}MR^2$, dove M è la massa e R è il raggio. Sia $\delta = 7.85 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ la densità del materiale conduttore.

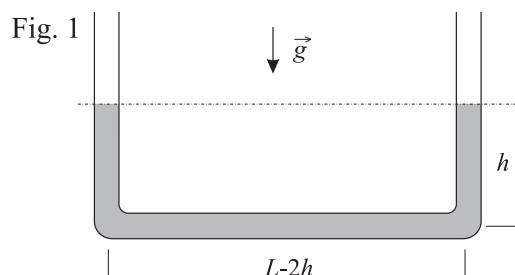
P3

Oscillazioni di un fluido

Punti 100

Un fluido ideale⁽¹⁾, contenuto in un tubo a forma di U, si dispone in equilibrio come mostrato in figura 1, in presenza del campo gravitazionale. Siano A la sezione trasversale del tubo, ρ la densità del fluido, L la lunghezza del tratto di tubo occupato dal fluido e $h < L/2$ la differenza di quota tra il tratto inferiore del tubo e i punti del fluido posti più in alto.

In tutte le figure mostrate nel problema, le parti curve che raccordano i tratti dritti del tubo sono state esagerate per ragioni di chiarezza, ma, per tutto il problema, va supposto che il diametro del tubo sia molto minore delle lunghezze in gioco, in modo da poter descrivere i punti nel fluido tramite una sola coordinata. Tali parti curve, però, sono necessarie a evitare la formazione di turbolenze.

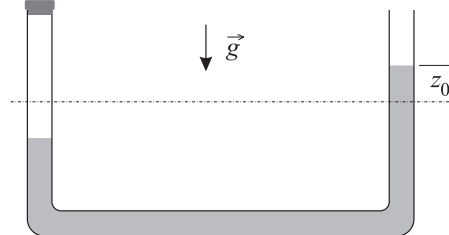


⁽¹⁾ Nel problema per “fluido ideale” si intende un fluido incompressibile, non viscoso e tale che si possa trascurare l'attrito con le pareti del condotto dove scorre. Si suppone inoltre che il fluido non scorra mai in regime turbolento.

1. Quanto vale la pressione sul fondo del tubo in condizioni di equilibrio, come in figura 1, se p_0 è la pressione atmosferica?

L'estremità sinistra del tubo viene tappata e, tramite una pompa d'aria, la pressione al suo interno viene aumentata fino al valore p_1 . Di conseguenza, il fluido si sposta verso destra, innalzandosi di un tratto z_0 al di sopra del livello originario, ma senza raggiungere il bordo del tubo.

Fig. 2



2. In riferimento alla nuova configurazione di equilibrio mostrata in figura 2, quanto vale z_0 ?

Nel seguito utilizzare solo il parametro z_0 e non la sua espressione appena trovata.

3. Scegliendo come zero dell'energia potenziale un qualsiasi punto appartenente al tratto orizzontale del tubo, trovare l'energia potenziale gravitazionale posseduta dal sistema, in funzione dei parametri forniti in precedenza.

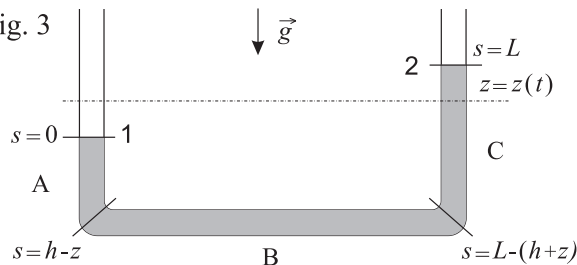
Il tappo viene rimosso istantaneamente e, di conseguenza, il fluido inizia a muoversi. In un generico istante di tempo, sia $z(t)$ la quota del pelo libero di destra.

4. Trovare la legge oraria $z = z(t)$ che descrive il moto dell'estremità superiore destra del fluido, dove t è misurato dall'istante in cui il tappo viene rimosso.

La situazione appena studiata si riferisce a un fluido che non si trova in condizioni statiche né si muove in regime stazionario; di conseguenza per calcolare la pressione in ogni punto del fluido non si possono applicare né la legge di Stevino, né il teorema di Bernoulli nella sua formulazione classica. Tuttavia, avendo già determinato il moto d'insieme del fluido, sarà sufficiente studiare la dinamica di ogni porzione di fluido, separatamente per ognuna delle tre sezioni del tubo a U.

In un generico istante di tempo t , si considerino i punti estremi del fluido (1 e 2 in figura 3) e si parametrizzino tutti i punti del fluido compresi tra questi tramite la coordinata s , che va da 0 (punto 1) a L (punto 2).

Fig. 3



5. Trovare l'andamento della pressione $p_z(s)$ in funzione di s (tra $s = 0$ e $s = L$), per ogni valore istantaneo di z .
6. Rappresentare graficamente, in modo qualitativo, l'andamento di $p_z(s)$ trovato al punto precedente, specificando in quali punti del tubo la pressione è massima, separatamente nei due casi $z > 0$ e $z < 0$.

Nel caso in cui gli effetti viscosi non possano essere trascurati, c'è bisogno di apportare delle modifiche al modello. La viscosità si descrive introducendo una forza di attrito, dipendente dalla velocità media $\langle v \rangle$ delle particelle del fluido: $F_v = 8\pi\mu L\langle v \rangle$ dove μ è il coefficiente di viscosità. Naturalmente, ci si aspetta che la nuova legge oraria $z(t)$ abbia un andamento smorzato, a causa della dissipazione di energia dovuta a tali effetti. Partendo da condizioni iniziali leggermente diverse dalle precedenti, si osserva un moto di questo tipo

$$z(t) = z_0 \cos(\omega t) e^{-t/\tau} \quad \text{con } \tau \text{ tempo caratteristico di smorzamento.}$$

7. Trovare il tempo caratteristico τ e la pulsazione ω del sistema oscillante in funzione della viscosità μ e degli altri parametri del problema.

TAVOLA DI COSTANTI FISICHE

COSTANTI FISICHE PRIMARIE [Valori esatti per definizione – (26.CGPM/16.11.2018)]			
COSTANTE	SIMB.	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	c	$2.997\,924\,58 \times 10^8$	m s^{-1}
Carica elementare	e	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
Costante di Planck	h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s
Costante di Boltzmann	k	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	J K^{-1}
Costante di Avogadro	N_A	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
COSTANTI DEFINITE [Valori esatti per convenzione]			
Unità Astronomica [28.Ass. Gen. IAU (2012)]	au	149 597 870 700	m
Accelerazione di gravità [3.CGPM (1901)]	g	9.80665	m s^{-2}
Temperatura standard (0 °C)	T_0	273.15	K
Pressione atmosferica standard	p_a	1.01325×10^5	Pa
ALTRE COSTANTI FISICHE [Valori arrotondati con $\epsilon_r < 10^{-5}$] [†]			
Massa dell'elettrone	m_e	9.1094×10^{-31} $= 5.1100 \times 10^2$	kg $\text{keV } c^{-2}$
Massa del protone	m_p	1.67262×10^{-27} $= 9.3827 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Massa del neutrone	m_n	1.67493×10^{-27} $= 9.3955 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Permeabilità magnetica del vuoto	μ_0	$1.25664 \times 10^{-6} = 4\pi \times 10^{-7}$	H m^{-1}
Costante dielettrica del vuoto: $1/(\mu_0 c^2)$	ϵ_0	8.8542×10^{-12}	F m^{-1}
Costante elettrostatica: $1/(4\pi\epsilon_0)$	k_{es}	$8.9876 \times 10^9 = c^2 \times 10^{-7}$	m F^{-1}
Costante universale dei gas: $N_A k$	R	8.3145	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Costante di Faraday: $N_A e$	F	9.6485×10^4	C mol^{-1}
Costante di Stefan-Boltzmann	σ	5.6704×10^{-8}	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante di gravitazione universale	G	6.674×10^{-11}	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard (p_a, T_0)	V_m	2.2414×10^{-2}	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	u	1.66054×10^{-27}	kg

TAVOLA DI DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI [†]

Densità dell'acqua (a 4 °C)*	ρ_a	1.00000×10^3	kg m^{-3}
Calore specifico dell'acqua (a 20 °C)*	c_a	4.182×10^3	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Densità del ghiaccio (a 0 °C)*	$\rho_{g,0}$	0.917×10^3	kg m^{-3}
Calore di fusione del ghiaccio	λ_f	3.344×10^5	J kg^{-1}
Calore di vaporizzazione dell'acqua (a 100 °C)*	λ_v	2.257×10^6	J kg^{-1}

[†] Da considerare **esatti** nella soluzione delle prove dei Campionati di Fisica.

* Salvo diversa indicazione esplicita, questi dati si potranno utilizzare anche ad altre temperature senza errori importanti.



Materiale elaborato dal Gruppo

PROGETTO OLIFIS

Segreteria dei Campionati Italiani di Fisica

E-mail: segreteria@olifis.it - WEB: www.olifis.it



NOTA BENE:

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire,
comunicare al pubblico questo materiale
alle due seguenti condizioni:

citare la fonte;

non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.