

34<sup>a</sup> Edizione

# Folimpiadi di Fisica 2020

Gara di 2° livello

mercoledì 19 febbraio 2020

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

... mentre aspetti, leggi con attenzione qui:

La prova consiste di due parti: nella prima parte si chiede di rispondere a dei quesiti che vertono su argomenti diversi della fisica; nella seconda parte di risolvere dei problemi.

- Hai 1 ora e 20 minuti di tempo a disposizione per rispondere ai quesiti della prima parte; dopo questo tempo le tue soluzioni saranno ritirate e ti verranno consegnati i testi dei problemi per i quali avrai ancora 1 ora e 40 minuti.
- Per ottenere il massimo punteggio previsto non basta riportare i risultati numerici corretti; devi anche indicare le leggi e i principi validi nella situazione in esame su cui si fondano i tuoi procedimenti risolutivi.
- Nel riportare la soluzione scrivi in forma simbolica le relazioni usate, prima di sostituire i dati numerici. Cerca di sviluppare il procedimento risolutivo in forma algebrica sostituendo i dati numerici alla fine. Fai seguire dati e risultati numerici dalle corrette unità di misura. Leggi attentamente la NOTA che precede i testi.
- Puoi usare la calcolatrice tascabile.
- Non è permesso l'uso di manuali di alcun tipo.
- I valori delle costanti fisiche di uso più comune, insieme ad alcuni dati utili, sono riportati a pagina 5.
- Per prima cosa leggi ATTENTAMENTE le istruzioni riportate subito prima dei testi.

Ora aspetta che ti sia dato il via e... Buon lavoro !

Le Olimpiadi di Fisica  
sono organizzate dall'AIF  
su mandato del



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE

Leggere attentamente !

TEMPO: 1 ora e 20 minuti.

Si consiglia di leggere il testo di tutti i 10 quesiti che ti sono proposti prima di iniziare a risolverli, tenendo presente che non sono stati ordinati per argomento.

Cerca poi di rispondere al maggior numero possibile dei quesiti.

- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Sui fogli di risposta indica il numero del quesito in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

Quesito 7

Soluzione: ...

Se usi più fogli numera le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA. Se la soluzione di un quesito prosegue su due fogli diversi riporta una nota esplicativa, come:

*SEGUE A PAGINA... (numero della pagina)*

- Per ogni risposta corretta e chiaramente motivata verranno assegnati 3 punti.
- Nessun punto verrà detratto per le risposte errate.
- Nessun punto verrà assegnato alle mancate risposte.

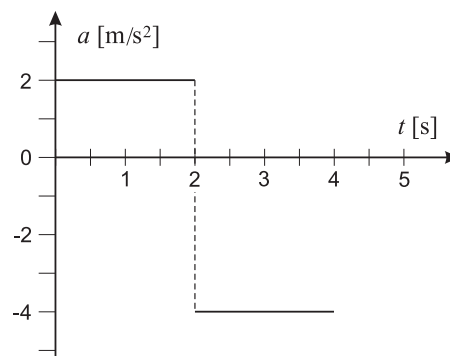
**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** I dati numerici forniti nei singoli problemi, qualunque sia il numero di cifre con cui vengono scritti, si devono considerare noti con un'incertezza dello 0.1 %, salvo esplicita indicazione contraria. Le costanti fornite nella tabella generale si possono invece considerare note con incertezza trascurabile. Di conseguenza si scrivano i risultati numerici, quando richiesti, con un numero di cifre appropriato all'incertezza del risultato stesso.

**Q1**

Un oggetto parte da fermo e viene accelerato come mostrato nel grafico, percorrendo una traiettoria rettilinea.

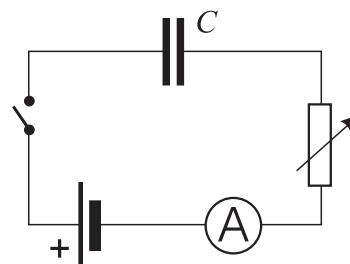
Si supponga che la variazione di accelerazione avvenga in un intervallo di tempo trascurabile.

- Determinare la massima distanza dal punto di partenza raggiunta dall'oggetto.

**Q2**

Un condensatore inizialmente scarico è collegato in serie ad un potenziometro, un amperometro e una batteria, come mostrato in figura. Dopo che l'interruttore viene chiuso il potenziometro viene continuamente variato in modo da mantenere costante per 30 secondi la corrente di carica del condensatore al valore di  $i = 0.02 \text{ mA}$ . Durante questo tempo la d.d.p. ai capi del condensatore sale da 0 a 12 V.

- Determinare la capacità del condensatore.

**Q3**

La frequenza di una particolare luce verde è  $5.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ . Un raggio di questa luce passa attraverso uno strato di materiale vetroso che ha indice di rifrazione 1.5.

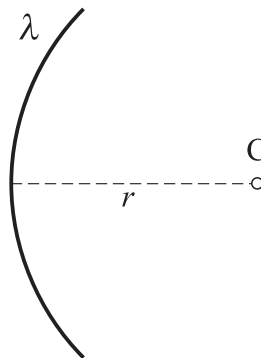
- Determinare la lunghezza d'onda del raggio nel vetro.

**Q4**

Una barra sottile viene piegata a formare un quarto di circonferenza di raggio  $r = 10\text{ cm}$  come mostrato in figura.

Sulla barra viene distribuita uniformemente una carica elettrica con densità lineare  $\lambda = 15\text{ nC m}^{-1}$ .

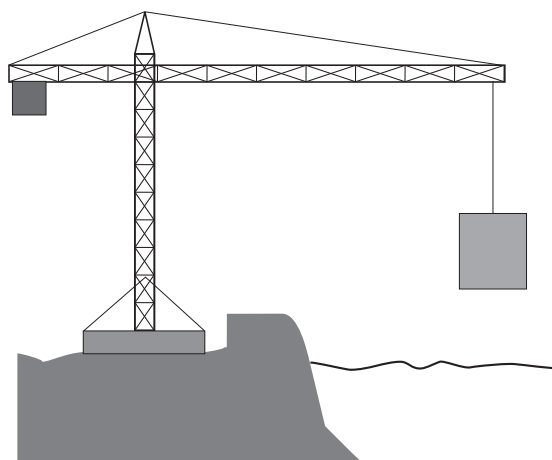
- Determinare, motivando la risposta, il potenziale elettrostatico nel centro dell'arco di circonferenza, avendo posto  $V = 0$  a distanza molto grande (infinita).

**Q5**

Per costruire le fondamenta di un ponte, una gru cala in un fiume un blocco di cemento di densità  $\rho_c = 2.3 \times 10^3\text{ kg m}^{-3}$ ; un contrappeso mobile fa in modo che il baricentro del sistema sia esattamente sull'asse della gru (come sarebbe senza carico e contrappeso).

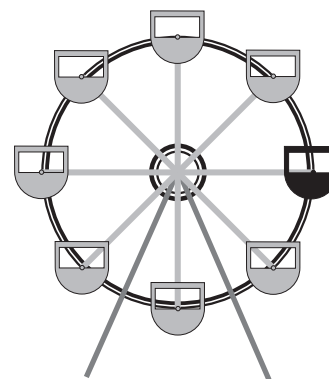
- Quando il blocco è completamente immerso, di quanto deve essere variata – percentualmente – la distanza del contrappeso dall'asse della gru in modo che il bilanciamento resti invariato (ovvero, che la risultante di tutte le forze agenti sul sistema resti applicata sulla stessa verticale)?

*Si trascurino gli effetti dovuti alla velocità dell'acqua del fiume.*

**Q6**

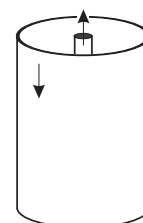
Una cabina di una ruota panoramica (*evidenziata in nero in figura*), in un parco divertimenti, ha una massa di  $400\text{ kg}$  e descrive una circonferenza verticale di raggio  $5.3\text{ m}$ . Durante il collaudo della ruota, questa viene fatta ruotare uniformemente ad una velocità di  $5.5\text{ m s}^{-1}$ , molto maggiore di quella di esercizio.

- Trovare il modulo della forza che la struttura della ruota esercita sulla cabina quando il punto in cui è agganciata è all'altezza del centro di rotazione, trattando la cabina stessa come un punto materiale.

**Q7**

In un cavo coassiale rettilineo molto lungo di raggio esterno  $R = 0.5\text{ cm}$  scorre una corrente di  $0.11\text{ A}$  verso l'alto lungo il filo interno e verso il basso lungo la guaina esterna.

- Calcolare l'intensità del campo magnetico a  $0.25\text{ cm}$  e a  $0.75\text{ cm}$  dall'asse del cavo coassiale.



**Q8**

In un'esperienza sull'effetto fotoelettrico una piastrina di metallo viene colpita da una luce laser di lunghezza d'onda  $\lambda = 532 \text{ nm}$ , assorbendo una potenza  $P = 1 \text{ mW}$  e producendo una corrente elettrica massima  $I_{\text{max}} = 0.1 \text{ mA}$ .

- Si calcoli il rapporto  $\eta$  tra il numero di elettroni estratti e il numero di fotoni incidenti sulla piastrina.

**Q9**

Una pentola contiene 2 L di acqua a  $20^\circ\text{C}$  ed è posta su un fornello di potenza  $P = 1.5 \text{ kW}$ .

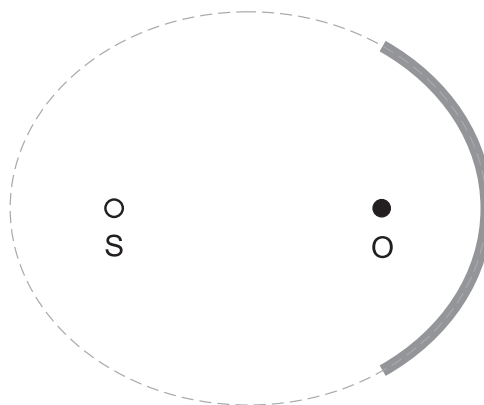
- Supponendo che non ci siano dispersioni di calore, e trascurando la quantità di acqua che evapora tra  $20^\circ\text{C}$  e  $100^\circ\text{C}$ , dopo 20 minuti quanta acqua sarà passata allo stato di vapore?

**Q10**

Uno specchio flessibile, disposto verticalmente, viene sagomato seguendo un arco di ellisse; in figura lo specchio è mostrato a destra, visto dall'alto.

Una sorgente puntiforme isotropa viene fissata nel punto S, in corrispondenza di uno dei fuochi dell'ellisse, mentre un osservatore si posiziona nel punto O, in corrispondenza dell'altro fuoco, alla stessa altezza della sorgente e guarda verso lo specchio.

- Come viene vista dall'osservatore la sorgente nello specchio?



*Materiale elaborato dal Gruppo*



**PROGETTO OLIMPIADI**  
*Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica*  
e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it)  
WEB: [www.olifis.it](http://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.

## 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	$c$	$2.997\,924\,58 \times 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
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	$k$	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	$\text{J K}^{-1}$
Costante di Avogadro	$N_A$	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
ALTRE COSTANTI FISICHE †			
Massa dell'elettrone	$m_e$	$9.1094 \times 10^{-31}$ $= 5.1100 \times 10^2$	kg $\text{keV } c^{-2}$
Massa del protone	$m_p$	$1.67262 \times 10^{-27}$ $= 9.3827 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Massa del neutrone	$m_n$	$1.67493 \times 10^{-27}$ $= 9.3955 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Permeabilità magnetica del vuoto	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7} = 1.25664 \times 10^{-6}$	$\text{H m}^{-1}$
Costante dielettrica del vuoto: $1/(\mu_0 c^2)$	$\epsilon_0$	$8.8542 \times 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
Costante elettrostatica: $1/(4\pi\epsilon_0)$	$k_{es}$	$c^2 \times 10^{-7} = 8.9876 \times 10^9$	$\text{m F}^{-1}$
Costante universale dei gas: $N_A k$	$R$	8.3145	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Costante di Faraday: $N_A e$	$F$	$9.6485 \times 10^4$	$\text{C mol}^{-1}$
Costante di Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5.6704 \times 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante di gravitazione universale	$G$	$6.674 \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Pressione atmosferica standard	$p_0$	$1.01325 \times 10^5$	Pa
Temperatura standard (0°C)	$T_0$	273.15	K
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard ( $p_0, T_0$ )	$V_m$	$2.2414 \times 10^{-2}$	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	u	$1.66054 \times 10^{-27}$	kg

## TAVOLA DI DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI †

Accelerazione di gravità (val. convenzionale)	$g$	9.80665	$\text{m s}^{-2}$
Densità dell'acqua (a 4°C)*	$\rho_a$	$1.00000 \times 10^3$	$\text{kg m}^{-3}$
Calore specifico dell'acqua (a 20°C)*	$c_a$	$4.182 \times 10^3$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Densità del ghiaccio (a 0°C)*	$\rho_{g,0}$	$0.917 \times 10^3$	$\text{kg m}^{-3}$
Calore di fusione del ghiaccio	$\lambda_f$	$3.344 \times 10^5$	$\text{J kg}^{-1}$
Calore di vaporizzazione dell'acqua (a 100°C)*	$\lambda_v$	$2.257 \times 10^6$	$\text{J kg}^{-1}$

† Valori arrotondati, da considerare **esatti** nella soluzione delle prove delle Olimpiadi di Fisica.

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

Materiale elaborato dal Gruppo



**PROGETTO OLIMPIADI**

*Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica*

e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it)

WEB: [www.olifis.it](http://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.

34<sup>a</sup> Edizione

# Olimpiadi di Fisica 2020

Gara di 2° livello

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

mercoledì 19 febbraio 2020

## Problemi

TEMPO: 1 ora e 40 minuti.

- Esponi con chiarezza il procedimento risolutivo e tieni conto che nella valutazione si prenderanno in considerazione anche le soluzioni parziali.
- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Utilizza un foglio diverso per ogni problema che hai risolto, numerandone le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA.
- Indica il numero del problema in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

Problema 2

Soluzione: ...

- Indica chiaramente la domanda (1., 2., ...) cui si riferisce la parte di soluzione che stai scrivendo.

**NOTA importante sui DATI NUMERICI:** I dati numerici forniti nei singoli problemi, qualunque sia il numero di cifre con cui vengono scritti, si devono considerare noti con un'incertezza dello 0.1 %, salvo esplicita indicazione contraria. Le costanti fornite nella tabella generale si possono invece considerare note con incertezza trascurabile. Di conseguenza si scrivano i risultati numerici, quando richiesti, con un numero di cifre appropriato all'incertezza del risultato stesso.

*Materiale elaborato dal Gruppo*



**PROGETTO OLIMPIADI**

*Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica*

e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it)

WEB: [www.olifis.it](http://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.

Le Olimpiadi di Fisica  
sono organizzate dall'AIF  
su mandato del



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE

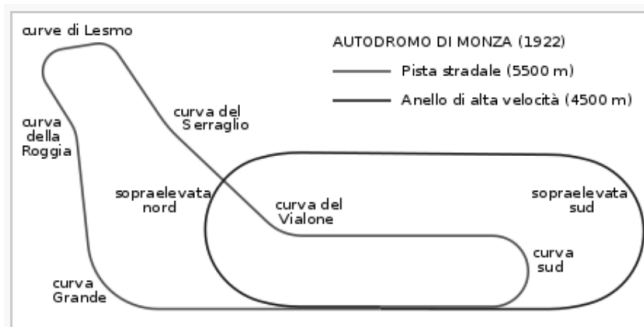
## P1

## Ovale di Monza

Punti 20

L'Autodromo di Monza era formato, fino agli anni '60 del secolo scorso, da due piste: il circuito stradale, tuttora utilizzato per i gran premi, e una pista ovale, ora in disuso, con due curve sopraelevate aventi pendenza che raggiunge un valore massimo pari all'80 % nella parte più esterna (si ricorda che la pendenza è il valore della tangente dell'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale:  $\tan \alpha = 0.8$ ).

In tutto il problema si consideri una macchina che percorre la curva sopraelevata a velocità costante, mantenendosi alla stessa altezza nella parte più esterna dove il raggio di curvatura è  $r = 320 \text{ m}$ .



Si seguano poi due ulteriori indicazioni fortemente semplificative: si trascuri ogni forza aerodinamica perpendicolare al piano stradale, dovuta ad alettoni o simili strutture, e si tralasci ogni considerazione relativa ai momenti applicati e alla eventualità di ribaltamento della macchina.

Quando un'automobile affronta una curva, la necessaria accelerazione centripeta è data, di solito, dalla sola spinta laterale che l'attrito tra le gomme e l'asfalto esercita sul mezzo; le curve sopraelevate consentono di ridurre o eliminare del tutto questa necessità.

1. A quale velocità costante una macchina dovrebbe percorrere la curva sopraelevata in modo che l'attrito tra gomme e asfalto non abbia componente laterale, cioè perpendicolare alla direzione del moto?

A velocità diverse da questa, poiché la reazione normale al terreno determina il modulo della forza d'attrito massima, le due componenti dell'attrito – nella direzione della velocità e normale a questa – non sono indipendenti; tuttavia nelle condizioni di questo problema una buona stima della grandezza richiesta al punto successivo si ottiene anche trascurando del tutto la componente di attrito parallela alla velocità.

2. Così facendo, si determini, in funzione del coefficiente di attrito statico tra le ruote e l'asfalto e degli altri dati, un'espressione per la velocità massima di percorrenza della curva senza che le ruote slittino lateralmente, e se ne calcoli il valore con un coefficiente d'attrito statico pari a 0.9.
3. Si determini, in funzione del coefficiente di attrito statico tra le ruote e l'asfalto e degli altri dati, la velocità minima di percorrenza della curva senza che le ruote slittino lateralmente, e se ne calcoli il valore con un coefficiente d'attrito statico pari a 0.9.

Si consideri adesso che le gomme delle auto da corsa hanno spesso valori del coefficiente di attrito con l'asfalto maggiori di 1.

4. Oltre quale valore del coefficiente di attrito non ci sarebbero limiti alla velocità massima sulle sopraelevate di Monza?

## P2

## Reticolo

Punti 20

Un reticolo viene illuminato perpendicolarmente con la luce proveniente da una sorgente gassosa. Si osservano una riga rossa ( $\lambda_r = 660 \text{ nm}$ ) ad un angolo  $\theta_r = 26.1^\circ$  rispetto all'asse del reticolo ed una riga verde ( $\lambda_v = 536 \text{ nm}$ ) ad un angolo  $\theta_v = 32.4^\circ$ .

1. Si calcoli il rapporto  $m_v/m_r$  tra gli ordini degli spettri a cui appartengono la riga rossa e quella verde.
2. Tenendo conto del fatto che fra i due angoli indicati non si osserva alcuna radiazione, si determinino i valori di  $m_r$  e  $m_v$ .
3. Qual è il passo del reticolo?
4. Qual è il massimo ordine a cui si può osservare una riga rossa con quel reticolo?

## P3

## Un campo teorico

Punti 10

Fissato un sistema di coordinate cartesiane ortogonali di origine O e versori  $(\hat{i}, \hat{j}, \hat{k})$ , in una regione attorno ad O si consideri il campo elettrostatico  $\vec{E}$  non uniforme, le cui tre componenti dipendono dalle coordinate  $x, y, z$  del punto P in questo modo:

$$\vec{E}(P) = \vec{E}(x, y, z) = E_0 \left[ (ax^3 + bx)\hat{i} + (by)^2\hat{j} + (b\ell)^2\hat{k} \right] \quad \text{con} \quad E_0 = 150 \text{ V m}^{-1}, \quad a = 3.5 \text{ m}^{-3}, \quad \ell = 1 \text{ m};$$

in altri termini, le componenti del campo e.s. sono  $E_x = E_0(ax^3 + bx)$ ;  $E_y = E_0(by)^2$ ;  $E_z = E_0(b\ell)^2$ .

1. Posto  $A=(0, 0, \ell)$  e sapendo che la d.d.p.  $V(O) - V(A) = \Delta V = 216 \text{ V}$ , determinare il valore del parametro  $b$ .
2. Si calcoli il modulo di  $\vec{E}(B)$  nel punto  $B=(\ell, \ell, \ell)$ .

Si consideri un volume cubico di centro O, con le facce perpendicolari agli assi cartesiani e tale che A sia un punto della sua superficie.

3. Determinare la quantità di carica elettrica presente entro tale cubo.
4. Qual è la densità di carica nel punto O?

## P4

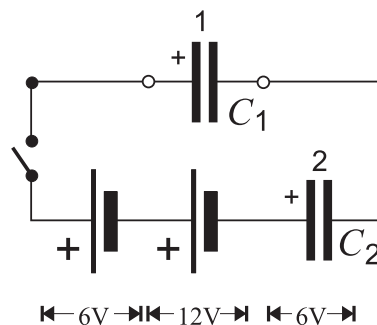
## Se la batteria è piccola

Punti 10

Pierino ha un condensatore di capacità  $C_1 = 1 \text{ mF}$  (1 in figura) che deve essere caricato alla d.d.p.  $V_1 = 24 \text{ V}$ , ma ha a disposizione solo 2 batterie, una con f.e.m.  $\mathcal{E}_1 = 6 \text{ V}$ , l'altra con f.e.m.  $\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_1$ , insieme a numerosi altri condensatori di varie capacità, fino ad un massimo di 10 volte  $C_1$ . Le batterie possono essere considerate come generatori ideali di f.e.m.

Dopo averci pensato un po', decide di prendere un altro condensatore di capacità qualunque  $C_2$ , (2 in figura) caricarlo con la prima batteria alla d.d.p.  $\mathcal{E}_1 = 6 \text{ V}$ , e con la serie costituita dalle due batterie e dal condensatore 2 appena caricato, caricare il primo condensatore, come mostrato in figura, dato che  $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1 = 4\mathcal{E}_1 = V_1$ .

Purtroppo Pierino si accorge subito che il suo metodo non funziona.



1. Dimostrare, infatti, che con questo circuito, ad equilibrio raggiunto, la d.d.p. ai capi del condensatore 1 è minore di  $24 \text{ V}$ .
- Pierino pensa allora di utilizzare entrambe le batterie per caricare inizialmente il condensatore 2.
2. Quale deve essere la capacità del condensatore 2 per ottenere lo scopo?
3. Supposto di aver caricato il condensatore 2 in questo modo, qual è l'energia dissipata per effetto Joule durante la carica del condensatore 1?