VERIFICA

Verifica di fine parte · Le leggi di conservazione

Tempo indicativo: 100 minuti · Punteggio totale: 100 punti

Fisica 3 · Parte II · Le leggi di conservazione · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte · Le leggi di conservazione · pagine 233–238 del volume completo · estratto per lo studio

La verifica riguarda i capitoli 5–8. È ammessa la calcolatrice scientifica, in modalità gradi (DEG). Scrivi sempre le formule che usi, i passaggi e le unità di misura: un risultato senza unità è considerato incompleto. Esprimi i risultati con un numero di cifre significative coerente con i dati. Quando usi una legge di conservazione, scrivi quale grandezza si conserva e perché; nei problemi di dinamica indica le forze che agiscono sul corpo. Puoi consultare le tabelle dell'appendice. Dove non è indicato diversamente usa $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$ e trascura la resistenza dell'aria.

Parte A · Domande a scelta multipla (10 domande, 2 punti ciascuna)

1. ● Una forza $\boldsymbol{F} = (6{,}0\mathbf{i} + 2{,}0\mathbf{j})$ N agisce su un corpo che compie lo spostamento $\Delta\boldsymbol{r} = (-1{,}0\mathbf{i} + 3{,}0\mathbf{j})$ m. Il lavoro della forza è:
   - **A.** 12 J
   - **B.** 0 J
   - **C.** −6,0 J
   - **D.** 6,3 J

2. ● Un corpo scende lungo un piano inclinato scabro. Quale affermazione è corretta?
   - **A.** L'energia meccanica del corpo si conserva, perché il peso è una forza conservativa.
   - **B.** Il lavoro dell'attrito dinamico è positivo, perché l'attrito agisce lungo il piano.
   - **C.** L'energia meccanica del corpo aumenta, perché il corpo accelera.
   - **D.** L'energia meccanica diminuisce di una quantità uguale al lavoro dell'attrito cambiato di segno, e diventa energia interna.

3. ●● Un corpo si muove lungo l'asse x. In una certa regione la sua energia potenziale cresce in modo uniforme di 6,0 J ogni 2,0 m, al crescere di x. In quella regione la componente F_x della forza conservativa vale:
   - **A.** +3,0 N
   - **B.** +12 N
   - **C.** −3,0 N
   - **D.** 0 N

4. ●● Durante un colpo la forza su una palla cresce in modo uniforme da 0 a 400 N in 5,0 ms e poi torna a zero, sempre in modo uniforme, in altri 5,0 ms. L'impulso ricevuto dalla palla è:
   - **A.** 4,0 N·s
   - **B.** 2000 N·s
   - **C.** 1,0 N·s
   - **D.** 2,0 N·s

5. ●● Un ragazzo di 50 kg, fermo su uno skateboard di 2,0 kg, lancia in avanti, orizzontalmente, una palla medica di 4,0 kg a 2,6 m/s. Trascurando gli attriti, subito dopo il lancio il ragazzo con lo skateboard si muove a:

   A. 0,20 m/s, all'indietro
   B. 0,21 m/s, all'indietro
   C. 2,6 m/s, all'indietro
   D. 0,20 m/s, in avanti

6. ● In un urto anelastico (non completamente anelastico) fra due corpi che formano un sistema isolato:

   A. si conservano sia la quantità di moto totale sia l'energia cinetica totale
   B. si conserva la quantità di moto totale, l'energia cinetica totale diminuisce e i corpi dopo l'urto si separano
   C. si conserva l'energia cinetica totale, ma non la quantità di moto totale
   D. non si conserva né la quantità di moto né l'energia cinetica

7. ●● Una sfera di 1,0 kg che si muove a 6,0 m/s urta elasticamente e frontalmente una sfera di 2,0 kg ferma. Le velocità dopo l'urto (nel verso iniziale del moto) sono, nell'ordine:

   A. 3,0 m/s e 3,0 m/s
   B. 0 m/s e 3,0 m/s
   C. −2,0 m/s e 4,0 m/s
   D. 2,0 m/s e 2,0 m/s

8. ●● Una palla lasciata cadere da 1,60 m risale, dopo il rimbalzo, fino a 0,90 m. Trascurando l'aria, il coefficiente di restituzione dell'urto con il pavimento è:

   A. 0,56
   B. 0,44
   C. 0,87
   D. 0,75

9. ● Due corpi puntiformi, di 2,0 kg nel punto $x = 0$ e di 6,0 kg nel punto $x = 2{,}0$ m, formano un sistema. Il suo centro di massa si trova in:

   A. $x = 1{,}5$ m
   B. $x = 1{,}0$ m
   C. $x = 0{,}50$ m
   D. $x = 1{,}3$ m

10. ●● Un ragazzo di 40 kg cammina da un estremo all'altro di un carrello di 60 kg, lungo 3,0 m, fermo su rotaie orizzontali senza attrito. Quando il ragazzo si ferma, il carrello si è spostato di:

    A. 1,8 m

    B. 2,0 m

    C. 1,2 m

    D. 0 m, perché le forze sono interne

Parte B · Esercizi (5 esercizi, 6 punti ciascuno)

11. ●● Una cassa di 15 kg viene trascinata a velocità costante sul pavimento orizzontale da un punto A a un punto B distante 8,0 m, e poi riportata ad A lungo lo stesso segmento; il coefficiente di attrito dinamico è 0,30. a) Calcola il lavoro dell'attrito all'andata e sull'intero percorso chiuso (2 punti). b) Quanto vale il lavoro del peso sul percorso chiuso? (2 punti) c) Spiega, in base ai risultati, perché per l'attrito non si può definire un'energia potenziale (2 punti).

12. ●● Un ascensore di 800 kg, carico compreso, sale a velocità costante di 1,5 m/s. Le forze d'attrito sulle guide valgono in totale 600 N. a) Disegna le forze che agiscono sull'ascensore e calcola la forza del cavo (2 punti). b) Calcola la potenza della forza del cavo (2 punti). c) Il motore, compreso l'argano, ha un rendimento di 0,80: quale potenza assorbe? (2 punti)

13. ●● Una palla da calcio di 0,42 kg arriva sul portiere a 18 m/s, in direzione orizzontale. a) Il portiere la blocca, fermandola in 0,12 s: calcola l'impulso ricevuto dalla palla e la forza media del portiere sulla palla (3 punti). b) In un altro tiro uguale il portiere respinge la palla, che torna indietro a 18 m/s, con un contatto di 0,060 s: calcola la nuova forza media e spiega perché è maggiore (3 punti).

14. ●● Un vagone merci di 12 t che viaggia a 2,0 m/s urta un vagone di 8,0 t fermo sullo stesso binario e si aggancia a esso. a) Calcola la velocità dei due vagoni dopo l'aggancio (2 punti). b) Calcola l'energia cinetica trasformata nell'urto e la percentuale rispetto a quella iniziale (2 punti). c) Se i respingenti rendessero l'urto elastico, quali sarebbero le velocità dei due vagoni dopo l'urto? (2 punti)

15. ●● Da una lamina quadrata omogenea di lato 40 cm si ritaglia un foro circolare di raggio 10 cm, con il centro a 10 cm dal centro del quadrato, lungo la parallela a un lato. a) Trova la posizione del centro di massa della lamina forata rispetto al centro del quadrato (4 punti). b) Spiega perché il centro di massa si sposta dalla parte opposta al foro, e se coincide con il baricentro della lamina (2 punti).

Parte C · Problemi (3 problemi, 50 punti in totale)

16. ●●● **(18 punti)** Un blocchetto A di 0,40 kg parte da fermo da un'altezza di 0,80 m lungo una guida curva liscia. In fondo alla guida, sul piano orizzontale, urta un blocchetto B di 1,2 kg fermo; due strisce di velcro li tengono uniti dopo l'urto. Subito dopo il punto dell'urto il piano diventa scabro, con coefficiente di attrito dinamico 0,25, e i due blocchetti uniti si fermano. a) Calcola la velocità di A subito prima dell'urto (3 punti). b) Calcola la velocità dei due blocchetti uniti subito dopo l'urto (4 punti). c) Calcola l'energia cinetica trasformata nell'urto e la sua frazione (4 punti). d) Calcola lo spazio percorso sul tratto scabro (4 punti). e) Un compagno propone di risolvere d) in un solo passaggio, uguagliando l'energia potenziale iniziale di A al lavoro dell'attrito. Spiega perché il metodo è sbagliato e di quanto sbaglierebbe (3 punti).

17. ●●● **(16 punti)** Un razzo pirotecnico di 0,50 kg, lanciato in verticale, si ferma nel punto più alto, a 60 m dal suolo, ed esplode in due frammenti. Subito dopo l'esplosione il frammento di 0,20 kg si muove in orizzontale verso est a 30 m/s. Trascura la resistenza dell'aria e la massa della carica esplosiva. a) Calcola la velocità dell'altro frammento subito dopo l'esplosione (4 punti). b) Dopo quanto tempo i frammenti toccano il suolo, e a che distanza dal punto sotto l'esplosione? (4 punti) c) Dove si trova il centro di massa dei frammenti quando toccano il suolo? Confronta con il punto in cui sarebbe caduto il razzo intero (3 punti). d) Quanta energia cinetica ha fornito l'esplosione? (2 punti) e) Durante l'esplosione sui frammenti agisce il peso, una forza esterna. Spiega con un breve ragionamento perché si può usare lo stesso la conservazione della quantità di moto, e perché invece per il moto successivo dei frammenti si usa il teorema del moto del centro di massa (3 punti).

18. ●●● **(16 punti)** Nel curling una pietra A di 20 kg scivola a 2,5 m/s e urta di striscio una pietra B uguale, ferma. Considera l'urto elastico e trascura l'attrito con il ghiaccio durante l'urto. Dopo l'urto la pietra A si muove in una direzione che forma 37° con quella iniziale. a) Spiega perché le direzioni delle due pietre dopo l'urto devono formare un angolo di 90° (3 punti). b) Calcola le velocità delle due pietre dopo l'urto, in modulo e direzione (6 punti). c) Verifica che l'energia cinetica totale si conserva (3 punti). d) Calcola la velocità del centro di massa prima e dopo l'urto e calcola, per l'istante prima dell'urto, l'energia cinetica relativa al centro di massa (4 punti).

Griglia di valutazione Punti per sezione.

Sezione	Contenuto	Punti
Parte A	domande 1–10 × 2 punti	20
Parte B	esercizi 11–15 × 6 punti	30
Parte C	problema 16 (18), problema 17 (16), problema 18 (16)	50
Totale		**100**

Dal punteggio al voto Corrispondenza indicativa fra punteggio e voto in decimi.

Punteggio	0–24	25–34	35–44	45–54	55–64	65–74	75–84	85–94	95–100
Voto	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Soluzioni

1. B (2 punti). $\boldsymbol{F} \cdot \Delta \boldsymbol{r} = 6{,}0 \times (-1{,}0)\ \text{J} + 2{,}0 \times 3{,}0\ \text{J} = 0$: forza e spostamento sono perpendicolari.

2. D (2 punti). Il lavoro dell'attrito dinamico è negativo e $W_{nc} = \Delta E$: l'energia meccanica diminuisce e diventa energia interna del corpo e del piano.

3. C (2 punti). La forza conservativa è la pendenza di $U(x)$ cambiata di segno: $F_x = -(6{,}0\ \text{J} / 2{,}0\ \text{m}) = -3{,}0$ N, verso le x decrescenti.

4. D (2 punti). L'impulso è l'area sotto il grafico forza-tempo, un triangolo: $\frac{1}{2} \times 400\ \text{N} \times 0{,}010\ \text{s} = 2{,}0$ N·s.

5. A (2 punti). Si conserva la quantità di moto orizzontale, inizialmente nulla: $4{,}0\ \text{kg} \times 2{,}6\ \text{m/s} = (50 + 2{,}0)\ \text{kg} \times v$, $v = 0{,}20$ m/s, all'indietro. (B si ottiene dimenticando lo skateboard.)

6. B (2 punti). In ogni urto di un sistema isolato si conserva la quantità di moto; se l'urto è anelastico ma non completamente, l'energia cinetica diminuisce senza che i corpi restino uniti.

7. C (2 punti). $v_{1f} = (m_1 - m_2)v_{1i}/(m_1 + m_2) = (-1{,}0/3{,}0) \times 6{,}0\ \text{m/s} = -2{,}0$ m/s; $v_{2f} = 2m_1 v_{1i}/(m_1 + m_2) = 4{,}0$ m/s. Controllo: $1{,}0 \times (-2{,}0) + 2{,}0 \times 4{,}0 = 6{,}0$ kg·m/s.

8. D (2 punti). $e = \sqrt{(h_2/h_1)} = \sqrt{(0{,}90/1{,}60)} = 0{,}75$. (A è il rapporto fra le altezze, cioè e^2.)

9. A (2 punti). $x_{CM} = (2{,}0 \times 0 + 6{,}0 \times 2{,}0)\ \text{kg·m} / 8{,}0\ \text{kg} = 1{,}5$ m.

10. C (2 punti). Il CM del sistema, fermo e isolato in orizzontale, non si sposta: il carrello arretra di $40\ \text{kg} \times 3{,}0\ \text{m} / (40 + 60)\ \text{kg} = 1{,}2$ m (e il ragazzo avanza di 1,8 m rispetto alle rotaie).

11. a) La forza di attrito vale $\mu_d mg = 0{,}30 \times 15\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2 \approx 44$ N ed è sempre opposta allo spostamento. Andata: $W = -44{,}1\ \text{N} \times 8{,}0\ \text{m} \approx -3{,}5 \times 10^2$ J; percorso chiuso: $-44{,}1\ \text{N} \times 16\ \text{m} \approx -7{,}1 \times 10^2$ J (1 punto ciascuno). b) Zero: il peso è conservativo e il suo lavoro su un percorso chiuso è nullo (qui è nullo anche tratto per tratto, perché il peso è perpendicolare allo spostamento) (2 punti). c) Il lavoro dell'attrito su un percorso chiuso non è nullo, e dipende dalla lunghezza del percorso, non soltanto dai punti di partenza e di arrivo; una funzione della posizione U con $W_{AB} = U_A - U_B$ darebbe lavoro nullo su ogni percorso chiuso (2 punti).

12. a) Sull'ascensore agiscono il peso mg (verso il basso), l'attrito delle guide (verso il basso, opposto al moto) e la forza del cavo (verso l'alto). Velocità costante: risultante nulla, $F = mg + 600\ \text{N} = 800\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2 + 600\ \text{N} = 8440\ \text{N} \approx 8{,}4 \times 10^3$ N (2 punti). b) $P = \boldsymbol{F} \cdot \boldsymbol{v} = 8440\ \text{N} \times 1{,}5\ \text{m/s} \approx 1{,}27 \times 10^4\ \text{W} \approx 13$ kW (2 punti). c) $P_{ass} = P/\eta = 12{,}7\ \text{kW} / 0{,}80 \approx 16\ \text{kW}$ ($1{,}58 \times 10^4$ W) (2 punti).

13. Asse nel verso iniziale del moto della palla. a) $I = \Delta p = 0 - 0{,}42\ \text{kg} \times 18\ \text{m/s} \approx -7{,}6$ N·s (impulso opposto al moto) (1,5 punti); forza media $F = I/\Delta t = 7{,}56\ \text{N·s} / 0{,}12\ \text{s} = 63$ N, verso il tiratore (1,5 punti). b) $\Delta p = 0{,}42\ \text{kg} \times (-18\ \text{m/s} - 18\ \text{m/s}) \approx -15$ N·s (15,1 N·s in modulo); $F = 15{,}1\ \text{N·s} / 0{,}060\ \text{s} \approx 2{,}5 \times 10^2$ N (2 punti). È quattro volte maggiore: la variazione della quantità di moto è doppia, perché la palla non solo si ferma ma riparte, e il tempo è dimezzato (1 punto).

14. Durante l'urto le forze fra i vagoni sono interne e molto più intense delle forze esterne orizzontali: si conserva la quantità di moto. a) $v = 12\ \text{t} \times 2{,}0\ \text{m/s} / 20\ \text{t} = 1{,}2$ m/s (2 punti). b) $K_i = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 10^4\ \text{kg} \times (2{,}0\ \text{m/s})^2 = 2{,}4 \times 10^4$ J; $K_f = \frac{1}{2} \times 2{,}0 \times 10^4\ \text{kg} \times (1{,}2\ \text{m/s})^2 = 1{,}44 \times 10^4$ J; trasformati $9{,}6 \times 10^3$ J, il 40% (2 punti). c) Si conservano anche l'energia cinetica: $v_{1f} = (12 - 8{,}0)/20 \times 2{,}0\ \text{m/s} = 0{,}40$ m/s, $v_{2f} = 2 \times 12/20 \times 2{,}0\ \text{m/s} = 2{,}4$ m/s, entrambe nel verso iniziale (2 punti).

15. a) Metodo della massa negativa, origine nel centro del quadrato e asse x verso il centro del foro; le masse sono proporzionali alle aree. Quadrato: 1600 cm^2 in $x = 0$; foro: $\pi \times (10\ \text{cm})^2 \approx 314\ \text{cm}^2$ in $x = 10$ cm, con segno meno (2 punti). $x_{CM} = (1600 \times 0 - 314 \times 10\ \text{cm})/(1600 - 314) \approx -2{,}4$ cm; $y_{CM} = 0$ per simmetria (2 punti). b) Togliendo massa da una parte, la

media pesata si sposta verso la parte che resta, quindi dalla parte opposta al foro. Il campo gravitazionale è uniforme sulla lamina: CM e baricentro coincidono (2 punti).

16. a) Sulla guida liscia lavora solo il peso: si conserva l'energia meccanica. $v_A = \sqrt{(2gh)} = \sqrt{(2 \times 9{,}8\ \text{m/s}^2 \times 0{,}80\ \text{m})} \approx 3{,}96\ \text{m/s} \approx 4{,}0\ \text{m/s}$ (3 punti). b) Nell'urto, brevissimo, le forze interne prevalgono sull'attrito: si conserva la quantità di moto (non l'energia, perché l'urto è completamente anelastico). $v = 0{,}40\ \text{kg} \times 3{,}96\ \text{m/s} / 1{,}6\ \text{kg} \approx 0{,}99\ \text{m/s}$ (2 punti per il principio, 2 per il risultato). c) $K_A = \frac{1}{2} \times 0{,}40\ \text{kg} \times (3{,}96\ \text{m/s})^2 \approx 3{,}14\ \text{J}$; dopo: $\frac{1}{2} \times 1{,}6\ \text{kg} \times (0{,}99\ \text{m/s})^2 \approx 0{,}78\ \text{J}$; trasformati ≈ 2,35 J, cioè il 75% (= $m_B/(m_A + m_B)$) (4 punti). d) Sui blocchetti uniti agiscono peso e reazione normale, che si equilibrano, e l'attrito $\mu_d(m_A + m_B)g$; $W_{nc} = \Delta E$: $-\mu_d Mg\, d = 0 - \frac{1}{2}Mv^2$, $d = v^2/(2\mu_d g) = (0{,}99\ \text{m/s})^2/(2 \times 0{,}25 \times 9{,}8\ \text{m/s}^2) \approx 0{,}20\ \text{m}$ (4 punti). e) Il metodo ignora l'energia trasformata nell'urto: uguagliando 3,14 J al lavoro dell'attrito, $0{,}25 \times 1{,}6\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2 \times d$, si otterrebbe $d \approx 0{,}80\ \text{m}$, quattro volte il valore giusto. Nell'urto si conserva la quantità di moto, non l'energia meccanica: il bilancio energetico va fatto separatamente prima e dopo l'urto (3 punti).

17. a) Nell'esplosione si conserva la quantità di moto, che era nulla (razzo fermo): $0{,}20\ \text{kg} \times 30\ \text{m/s} = 0{,}30\ \text{kg} \times v$, $v = 20\ \text{m/s}$, orizzontale verso ovest (4 punti). b) Entrambi partono con velocità verticale nulla dalla stessa quota: cadono nello stesso tempo $t = \sqrt{(2h/g)} = \sqrt{(2 \times 60\ \text{m} / 9{,}8\ \text{m/s}^2)} \approx 3{,}5\ \text{s}$ (2 punti). Il primo tocca terra $30\ \text{m/s} \times 3{,}50\ \text{s} \approx 1{,}0 \times 10^2\ \text{m}$ a est (105 m), il secondo $20\ \text{m/s} \times 3{,}50\ \text{s} \approx 70\ \text{m}$ a ovest (2 punti). c) $x_{CM} = (0{,}20\ \text{kg} \times 105\ \text{m} - 0{,}30\ \text{kg} \times 70\ \text{m})/0{,}50\ \text{kg} = 0$: il CM è sulla verticale del punto dell'esplosione, proprio dove sarebbe caduto il razzo intero, lasciato cadere da fermo (3 punti). d) $K = \frac{1}{2} \times 0{,}20 \times 30^2\ \text{J} + \frac{1}{2} \times 0{,}30 \times 20^2\ \text{J} = 90\ \text{J} + 60\ \text{J} = 1{,}5 \times 10^2\ \text{J}$ (2 punti). e) Traccia: l'esplosione dura un tempo brevissimo, e in quel tempo l'impulso del peso, $mg\Delta t$, è trascurabile rispetto alle quantità di moto in gioco (le forze interne sono molto più intense): la quantità di moto si conserva nell'istante dell'esplosione. Nel moto successivo, che dura secondi, il peso cambia molto la quantità di moto; ma, poiché è l'unica forza esterna, il CM si muove come un corpo in caduta libera con $\boldsymbol{a}_{CM} = \boldsymbol{g}$, qualunque cosa abbiano fatto le forze interne (3 punti).

18. a) Si conservano la quantità di moto, $m\boldsymbol{v}_A = m\boldsymbol{v}_A' + m\boldsymbol{v}_B'$, e l'energia cinetica, $v_A^2 = v_A'^2 + v_B'^2$ (masse uguali). Elevando al quadrato la prima: $v_A^2 = v_A'^2 + v_B'^2 + 2\boldsymbol{v}_A' \cdot \boldsymbol{v}_B'$; confrontando con la seconda, il prodotto scalare è nullo: le velocità finali sono perpendicolari (3 punti). b) Il triangolo delle velocità è rettangolo con ipotenusa 2,5 m/s: $v_A' = 2{,}5\ \text{m/s} \times \cos 37° \approx 2{,}0\ \text{m/s}$, a 37° da una parte della direzione iniziale; $v_B' = 2{,}5\ \text{m/s} \times \text{sen}\ 37° \approx 1{,}5\ \text{m/s}$, a 53° dall'altra parte (3 punti ciascuna). c) Prima: $\frac{1}{2} \times 20\ \text{kg} \times (2{,}5\ \text{m/s})^2 \approx 63\ \text{J}$ (62,5 J); dopo: $\frac{1}{2} \times 20\ \text{kg} \times (2{,}0^2 + 1{,}5^2)\ \text{m}^2/\text{s}^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 6{,}25\ \text{J} \approx 63\ \text{J}$ (3 punti). d) Il sistema è isolato durante l'urto: $v_{CM} = 20\ \text{kg} \times 2{,}5\ \text{m/s} / 40\ \text{kg} \approx 1{,}3\ \text{m/s}$ (1,25 m/s), nella direzione iniziale, prima e dopo (controllo dopo: componente lungo la direzione iniziale $(2{,}0 \cos 37° + 1{,}5 \cos 53°)/2\ \text{m/s} \approx (1{,}60 + 0{,}90)/2\ \text{m/s} = 1{,}25\ \text{m/s}$, componente perpendicolare $(2{,}0\ \text{sen}\ 37° - 1{,}5\ \text{sen}\ 53°)/2\ \text{m/s} \approx (1{,}20 - 1{,}20)/2\ \text{m/s} = 0$) (2 punti). Prima dell'urto, rispetto al CM, A va a +1,25 m/s e B a −1,25 m/s: $K_{rel} = \frac{1}{2} \times 20 \times 1{,}25^2\ \text{J} + \frac{1}{2} \times 20 \times 1{,}25^2\ \text{J} \approx 31\ \text{J}$, e infatti $62{,}5\ \text{J} = \frac{1}{2} \times 40\ \text{kg} \times (1{,}25\ \text{m/s})^2 + 31{,}25\ \text{J}$ (2 punti).