

# Soluzioni dei problemi

## Introduzione

### I vettori e le loro operazioni

- 1  $D = 141$  m, direzione nord-ovest
- 2 Circa 650 m, circa  $55^\circ$
- 3 5,31 km verso sud; 5,31 km verso nord
- 4 1200 m
- 5 12; 12; 9
- 6 200  $\text{cm}^2$
- 7 1250; 2165
- 8  $60^\circ$ ; 3,3 m
- 9 6,9 m
- 10 4,3 m; 7,4 m
- 11 15; 15
- 12 178 unità; 164 unità
- 13  $30^\circ$ ; 866 000; 500 000
- 14 7,1 m, direzione nord-est
- 15  $56^\circ$

## Capitolo 0

### Richiami di cinematica

- 1 83 m/s
- 2 6,67 m/s
- 3  $7,7 \text{ ms} = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ s}$
- 4 9,1
- 5 45 min
- 6 350 m; 50 s; 225 m
- 7 0,33 m/s
- 8  $s_A = 3 \text{ m} + (0,5 \text{ m/s})t$ ;  
 $s_B = (1,25 \text{ m/s})t$ ; 12 s
- 9 +9,7 m/s; 9,7 m/s
- 10 4,0 s; 4,0 s
- 11 1,4  $\text{m/s}^2$
- 12  $-2,37 \text{ m/s}^2$
- 13 6,0  $\text{m/s}^2$
- 14 0,87  $\text{m/s}^2$
- 15 6,86 m
- 16 1,9  $\text{m/s}^2$ ; 0  $\text{m/s}^2$ ; 3,3  $\text{m/s}^2$
- 17 2 m/s; 9 m; 15 m
- 18  $s = 1550 \text{ m} + (30 \text{ m/s})t - (0,25 \text{ m/s}^2)t^2$
- 19 51,4 m/s
- 20 1,1 s
- 21  $-7,9 \text{ m/s}$ ; 3,2 m
- 22  $-1,5 \text{ m/s}^2$
- 23 6,12 s
- 24 22 m
- 25 8600 m
- 26 12 m/s; 12 m/s
- 27 2,47  $\text{m/s}^2$ ; 2,14  $\text{m/s}^2$
- 28 2,9 m/s
- 29 40 s; 32 m; 0,94 m/s
- 30  $8,9^\circ$  verso nord rispetto a est
- 31 2,4 m
- 32 8 m/s
- 33 48 m
- 34 4,37 s; 93,5 m

- 35 14,4 m/s
- 36  $2,0 \cdot 10^2 \text{ m/s}^2$
- 37 0,79  $\text{m/s}^2$
- 38 0,71
- 39  $2,4 \cdot 10^3$
- 40 0,25 m; 0,55 Hz
- 41 5,9 m/s
- 42 23  $\text{m/s}^2$
- 43 0,080 m; 1,6 rad/s; 0 m/s; 0,20  $\text{m/s}^2$

## Capitolo 1

### I principi della dinamica

- 1 10 N
- 2 2,2  $\text{m/s}^2$
- 3 1,9 N
- 4  $2,0 \cdot 10^6 \text{ N}$
- 5 0,31  $\text{m/s}^2$  verso ovest
- 6 217 N
- 7  $3,5 \cdot 10^4 \text{ N}$
- 8 6,0 N, sud-ovest
- 9 30,9  $\text{m/s}^2$ ;  $27,2^\circ$  sopra l'asse  $x$
- 10  $1,39 \cdot 10^6 \text{ N}$
- 11 79 giorni
- 12 Vede che l'arancia percorre un arco di parabola con una gittata di 1,0 m
- 13 Per ottenere lo schizzo della traiettoria, disegna una serie di circonferenze appoggiando leggermente la biro su un foglio e tirando quindi via il foglio alla velocità più costante che puoi
- 14 3,0 m/s;  $-0,60 \text{ m/s}$
- 15 35 N
- 17 2,5 N; 2,6 s
- 18 93 N
- 19 2872 N
- 20 4290 N
- 21 3555 N
- 22 37 N
- 23 35,4 m/s
- 24  $4,8 \cdot 10^5 \text{ N}$
- 26 3,6 N; 0,40 N
- 27 10,3  $\text{m/s}^2$ ;  $21,9^\circ$
- 28 1,83  $\text{m/s}^2$ , left
- 29 Ragazzo: 1,8 m in salita e  $-1,8$  m in discesa; persona ferma: 4,0 m in salita e 0,36 m in discesa
- 30 Bambina: la punta della girandola percorre una circonferenza di raggio 0,25 m, con velocità angolare  $\omega = 19 \text{ rad/s}$ ; persona ferma: la traiettoria ha la forma di una molla con raggio 0,25 m e passo tra le spire 0,8 m
- 31  $v_B = v_A - v$ ;  $a = \Delta v_A / \Delta t = \Delta v_B / \Delta t$  ed è la stessa in entrambi i sistemi di riferimento; la forza risultante è  $F = ma$  in entrambi i sistemi
- 32 3,8 m/s in un verso, 0,8 m/s nell'altro
- 33  $v_{\text{pioggia}} = v$
- 34 32 N
- 35 GPS: 4,5 km; contapassi: 6,5 km
- 36 2
- 37 0,53  $\text{m/s}^2$ ; 0,4 N
- 38 3 N; 5 N
- 39 1100 N; 650 N
- 40  $2,3 \cdot 10^5 \text{ N}$
- 41  $1,4 \cdot 10^3 \text{ N}$
- 42 575 N
- 43  $-5,0 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 44 (a)  $1,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ ; (b)  $5,4 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 46  $a = F/(4m) = 0,20 \text{ m/s}^2$ ;  
 $C_1 = 0,47 \text{ N}$ ;  $C_2 = 0,32 \text{ N}$
- 47 64 s
- 48 131 N
- 49 1,20  $\text{m/s}^2$
- 50 33 s
- 52 19 s
- 53 0,78 m;  $21^\circ$  sud-est
- 55 Alla fine il dischetto si trova fermo alla distanza  $d = 6,8$  m dal punto di partenza
- 56 1,84 N;  $68^\circ$  sud-est
- 57 7200 N

## Capitolo 2

### Applicazioni dei principi della dinamica

- 1 4,90 N
- 2 6,6 kg
- 3  $m_A$  è maggiore di  $m_B$ ;  $P_A$  è maggiore di  $P_B$
- 4 980 N; 637 N
- 5 39 N
- 6  $1,10 \cdot 10^3 \text{ N}$ ; 931 N; 808 N
- 7  $1,6 \cdot 10^4 \text{ N}$ ;  $4,3 \cdot 10^3 \text{ N}$
- 8 3,72  $\text{m/s}^2$
- 9 0,444
- 10 21,2 N; 23,8 N; 18,6 N
- 12 390 N; 7,7 m/s
- 13 6,9 m/s
- 14  $4,0 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 15 1,65  $\text{m/s}^2$ ;  $34,6^\circ$  al di sopra dell'asse  $x$
- 16 184 N
- 17  $7,40 \cdot 10^5 \text{ N}$ ;  $1,67 \cdot 10^9 \text{ N}$
- 18 57 600 N; 20 600 N
- 19 11,6 N
- 20 929 N
- 21 9,70 N
- 22 62 N
- 24  $42^\circ$
- 25 0,141
- 26 308 N
- 27 79,0 N; 219 N
- 28  $16,8 \text{ m/s}^2$ ;  $63,4^\circ$  rispetto all'asse  $x$
- 29 45 N; 37 N
- 30 1730 N, verso ovest
- 31  $6,5 \text{ m/s}^2$ ;  $1,1 \cdot 10^3 \text{ N}$  verso l'alto
- 32 2,99  $\text{m/s}^2$ ; 129 N
- 33 6,6 m/s
- 34 8,7 s
- 35 0 N;  $-4,7 \text{ N}$ ; 0 N  
0 N; 0 N;  $+4,7 \text{ N}$
- 37  $m_d = 0,39$
- 38 1320 N
- 39  $1,9 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 40 0,29
- 41 29 400 N
- 42 4,25  $\text{m/s}^2$ ; 1080 N
- 43 49,1 m
- 44 13,7 N; 1,37  $\text{m/s}^2$
- 45 5,89  $\text{m/s}^2$ ; 86,3 N
- 47 100 N; 41,6 N
- 48 7,7 m/s
- 49  $1,2 \cdot 10^4 \text{ N}$ ;  $1,7 \cdot 10^4 \text{ N}$
- 50 606 N
- 51 22 m/s
- 52 (a) 19 m/s; (b) 23 m/s
- 53 2,0 giri al secondo
- 54 0,189 N; 4 volte
- 56 Diagramma dei vettori:  
 $F = mg \cdot \text{tg} \alpha$ , cioè  $\omega^2 r = g \cdot \text{tg} \alpha$ ;  
diagramma del filo:  $r = L \text{ sen} \alpha$ .  
Allora  $\omega^2 L \text{ sen} \alpha = g \cdot \text{tg} \alpha$ , cioè  
 $\text{cos} \alpha = g/(\omega^2 L) = 9,8/(36 \cdot 0,2) = 1,36$  che non ha soluzione.  
Per cui resta  $\alpha = 0$
- 57 45 s
- 58 237 N
- 59 0,22 m
- 60 7,44 N
- 61  $6,7 \cdot 10^2 \text{ N/m}$
- 62 1,4 kg
- 63  $-0,012 \text{ m}$
- 64 4,3 kg
- 65 0,236 m
- 67 0,79
- 68  $2,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- 69 0,99 m
- 70 0,40 s
- 71 6,0  $\text{m/s}^2$
- 72 0,995 m
- 74  $g' = \sqrt{(g^2 + a^2)} = \sqrt{(g^2 + [(2\pi/T)^2(b + c/2)]^2)} = \sqrt{(9,8^2 + 13,2^2)} = 16,4 \text{ m/s}^2$ ;  
 $T_{\text{pendolo}} = 2\pi \sqrt{(l/g')} = 0,69 \text{ s}$
- 75 (a)  $a = g \text{tg} \theta$ ; (b) 1,73  $\text{m/s}^2$ ;  
(c)  $\theta = 0^\circ$
- 76  $7^\circ$

- 77 5°; sì, diventa 0°  
 78  $2,7 \cdot 10^3$  N  
 79  $\omega = 7,2$  rad/s  
 80 90 N  
 81  $1,4 \cdot 10^3$  N; 36 N  
 82  $6 \cdot 10^{-3}$  N; una parte su millesettecento  
 83  $F_{\text{media}} \sim 2,5 \cdot 10^4$  N;  $\Delta x \sim 4$  mm  
 84 0,85 giri/s  
 85  $7,3 \cdot 10^3$  N  
 86 1100 N; 650 N  
 87 645 N  
 88 3510 N; 14,9 m/s  
 89 28°  
 90 696 N/m  
 91 1606 N; 2632 N  
 92 (a)  $a = -0,980$  m/s<sup>2</sup>, contraria alla direzione del moto; (b)  $x = 39,5$  m  
 93 (a) 0,211 N; (b)  $2^2 = 4$   
 94 919 N; 845 N  
 95  $3,68$  m/s<sup>2</sup>;  $11,8$  m/s<sup>2</sup>  
 96  $0,60$  m/s<sup>2</sup>; 104 N; 230 N  
 98  $a_1 = [(m_2 - nm_1)/(nm_1 + m_2/n)]g$ ,  $a_2 = -1/n \cdot a_1$ ,  $T = (n+1) \cdot m_1 \cdot m_2 / (m_2 + n^2 m_1)g$ .  
 Se  $m_1 = 5m_2$ , c'è equilibrio, per cui  $a_1 = a_2 = 0$  e  $T = m_1 g = 5m_2 g$  perché la fune deve sostenere solo le due masse.  
 Se  $m_1 \gg m_2$ , allora la massa  $m_1$  scende con accelerazione pari a circa  $-g$ ,  $m_2$  sale con accelerazione  $1/5g$  e  $T \sim 6/25 \cdot m_2 g$ .  
 Se  $m_2 \gg m_1$ , allora la massa  $m_2$  scende con accelerazione pari a circa  $-g$ ,  $m_1$  sale con accelerazione  $5g$  e  $T = 6m_1 g : 1 \cdot m_1 g$  per contrastare il peso,  $5m_1 g$  per l'accelerazione  
 99  $T; T' = T/\sqrt{\cos\theta}$   
 100  $0,14$  m/s<sup>2</sup>  
 101 0,040 m  
 102 1,95  
 103 68°  
 104 0,014 m  
 105 0,66 N

**Capitolo 3**  
**Lavoro ed energia**

- 1  $-2,6 \cdot 10^6$  J  
 2  $-3,38 \cdot 10^3$  J;  $3,38 \cdot 10^3$  J  
 3 2,85 kJ; 3,29 kJ  
 4  $6,8 \cdot 10^7$  J  
 5 54,9 N; 1056 J;  $-1056$  J; 0 J  
 7 38,3 kJ  
 8  $1,73 \cdot 10^7$  J  
 9 256 N  
 10  $1,0 \cdot 10^3$  J;  $-943$  J; 0 J; 0 J  
 11  $3,1 \cdot 10^3$  J  
 12 39,5 m/s  
 13  $6,4 \cdot 10^5$  J  
 14  $2,5 \cdot 10^7$  J  
 15 38 J;  $3,8 \cdot 10^3$  N  
 16  $9 \cdot 10^3$  m/s  
 18 (a) 10,0 m; (b) 3,64 s  
 19 0,13  
 20 4,5 m/s  
 21  $8,3 \cdot 10^2$  N;  $9,1 \cdot 10^3$  J;  $-8,5 \cdot 10^3$  J; 4 m/s  
 22  $1,62 \cdot 10^5$  J

- 23 27 J; 36 J; 8,8 J;  $-27$  J  
 24  $-43$  J;  $+43$  J  
 25  $5,24 \cdot 10^5$  J  
 27  $T_1 = -(m_1/m_2)T_2$   
 28 6,6 m/s  
 29

$h$ (m)	$K$ (J)	$U$ (J)	$E$ (J)
20,0	0	392	392
10,0	196	196	392
0	392	0	392

- 30  $-4,51 \cdot 10^4$  J  
 31  $1,0 \cdot 10^3$  J  
 32 52,2 J; 48,8 m/s  
 33 28,3 m/s  
 34 4,43 m/s  
 36 0,4 J; 4,4 m/s  
 37 0,60 m  
 39 3,7 m/s  
 40 18 m  
 41 40,8 kg  
 42 48°  
 43  $3,6 \cdot 10^6$  J  
 44  $5,48 \cdot 10^6$  J;  $1,31 \cdot 10^3$  cal  
 45  $3,3 \cdot 10^4$  W;  $5,1 \cdot 10^4$  W  
 46 30 W  
 47 73,5 s  
 48  $4,1 \cdot 10^3$  W  
 49  $4,00 \cdot 10^3$  W;  $3,35 \cdot 10^4$  W  
 50  $6,7 \cdot 10^2$  N  
 51 25 J  
 52 93 J; 0 J; 2,3 m/s  
 53 49,6 J  
 54  $1,50 \cdot 10^2$  J; 7,07 m/s  
 55 46,9 J; 55,9 m/s  
 56 58,8 N/m  
 57 303 N/m  
 58

$h$ (m)	$K$ (J)	$U_g$ (J)	$U_c$ (J)	$E$ (J)
0	0	0	8,76	8,76
0,200	1,00	3,92	3,84	8,76
0,400	0,00	7,84	0,92	8,76

- 59 4,4 J  
 60  $7,18 \cdot 10^{-2}$  m  
 62 2,9 m/s  
 63 0,048 m  
 65 393 N/m  
 66  $1,51 \cdot 10^4$  J  
 67 1,5 m  
 68 16,5 m; 2,9 N  
 69 444 J  
 70 45,1 m/s;  $-3,25 \cdot 10^4$  J  
 71  $1,80 \cdot 10^3$  J;  $-1,20 \cdot 10^3$  J  
 72  $3,0 \cdot 10^3$  W  
 73 2,8 J; 35 N  
 74  $-270$  J; 140 N  
 75  $9,0 \cdot 10^{-2}$  m; 2,1 m/s  
 76 1,95 m  
 77 4,17 m/s  
 78  $1,3 \cdot 10^3$  N  
 79  $6,7 \cdot 10^2$  N  
 80 1,7 m/s  
 81 6,33 m  
 82 0,327 m  
 85 325 W  
 86 1,6°  
 87 (a) 2,50 m; (b) 1,98 m  
 88 49,6 kg  
 89 13,5 m  
 90  $-5,8 \cdot 10^2$  J;  $2,5 \cdot 10^2$  N

**Capitolo 4**  
**Impulso e quantità di moto**

- 1 9,6 ms  
 2 165 N verso l'alto  
 3  $+1,7$  kg · m/s; 570 N  
 4  $-11$  600 N  
 5  $-8,75$  kg · m/s  
 6 69 N, verso opposto alla velocità  
 7 (a)  $-2,2 \cdot 10^3$  N; (b)  $-4,4 \cdot 10^3$  N  
 9 13%  
 10 (a)  $+2,4 \cdot 10^5$  N; (b)  $+4,8 \cdot 10^3$  N; (c) gambe rigide:  $+2,4 \cdot 10^5$  N, ginocchia piegate:  $+5,5 \cdot 10^3$  N  
 11 4,28 N · s verso l'alto  
 12  $-960$  N  
 13 0,42 m  
 15  $\Delta K = -1/2 \cdot 4,3 \cdot 10^{-3}$  kg ·  $(4,0$  m/s)<sup>2</sup> =  $3,4 \cdot 10^{-2}$  J  
 $F_m = \Delta K/\Delta x = (-3,4 \cdot 10^{-2}$  J)/ $(6 \cdot 10^{-3}$  m) =  $-6$  N  
 16 0,14 N  
 17 344 N  
 18  $-1,5 \cdot 10^{-4}$  m/s  
 19  $-1,2$  m/s  
 21 La velocità non cambia perché in questo caso non c'è alcuna forza tra la cassa e il piano del carrello  
 22  $+7,5$  m/s  
 23 77,9 m/s; 45,0 m/s  
 24  $-0,14$  m/s;  $-7,1 \cdot 10^{-3}$  m/s  
 25 1,8 m  
 27 1,7 m  
 28 2  
 29  $-0,432$  m/s;  $+1,82$  m/s  
 30 9,09 m/s  
 31 3,00 m  
 32 4,28 m/s; 73,0°  
 33 0,017  
 34 8  
 35 4,89 m/s; 1,22 m  
 37 3,4 m/s; 2,6 m/s  
 38 8,9 m/s;  $3,6 \cdot 10^4$  N · s, verso opposto al moto; 5,9 m  
 40  $-4,0$  m/s; 7,0 m/s  
 41 0,56 m/s  
 42 0,062 kg  
 43  $2,175 \cdot 10^{-3}$   
 44 5,56 m/s; 2,83 m/s, verso opposto; 2,73 m/s, verso iniziale; 0,409 m; 0,380 m  
 45  $4,67 \cdot 10^6$  m  
 46 923 kg  
 47 1,0 m/s; 1,0 m/s  
 48  $6,46 \cdot 10^{-11}$  m  
 50 Il centro di massa è collocato sull'asse che unisce i segmenti che passano attraverso i centri rispettivamente dei cerchi superiori e inferiori, a 3/5 da quello dei centri inferiori  
 51 3,6 m  
 53 3 m/s e  $-2$  m/s oppure 1 m/s e  $-4$  m/s  
 54  $2,4 \cdot 10^5$  N;  $4,8 \cdot 10^3$  N  
 55 84 kg  
 56  $-14$  m/s  
 57  $-0,400$  m/s; 1,60 m/s; 0,800 m/s  
 58 4500 m/s nella direzione percorsa dal razzo prima dell'esplosione

- 59 Sasso lanciato in avanti: 0,462 m/s; sasso lanciato all'indietro: 0,542 m/s  
 60  $1,87 \cdot 10^{-3}$  kg  
 61  $x_{\text{cm}} = 0,11$  m,  $y_{\text{cm}} = 0,20$  m  
 63  $v_{Mx} = 0,15$  m/s;  $v_{My} = -0,60$  m/s;  $K_M = 0,90$  J e  $K_m = 3,6$  J  
 64 3,7 N · s  
 65  $x = 0$ ;  $y = 0,0358$  nm  
 66 1,00 kg; 1,00 kg  
 67 547 m/s  
 69 Potrebbe arrivare fino a 9*h*.  
 70 0,11 m  
 71 36 km/h  
 72 11 km/h

**Capitolo 5**  
**Cinematica e dinamica rotazionale**

- 1  $1,9 \cdot 10^2$  rad/s  
 2 492 rad/s  
 3 8,0 s  
 4  $6,4 \cdot 10^{-3}$  rad/s<sup>2</sup>  
 6 0,300 m/s  
 7 825 m  
 8 200 rad/s<sup>2</sup>  
 9 9,1 rad/s  
 10  $1,99 \cdot 10^{-7}$  rad/s;  $2,98 \cdot 10^4$  m/s;  $5,94 \cdot 10^{-3}$  m/s<sup>2</sup>  
 11  $8,6 \cdot 10^3$  m  
 12  $4,9 \cdot 10^7$  giri  
 14  $a = (\omega_0^2 d)/2\pi$   
 15  $4,66 \cdot 10^2$  m/s; 70,6°  
 16 11,8 rad  
 17  $1,70 \cdot 10^3$  N · m  
 18 13 500 N · m; 132 000 N · m  
 19  $2,1 \cdot 10^2$  N  
 20  $FL; FL; FL$   
 21 0,770 m  
 22  $b \sim 1$  mm  
 23 113 N  
 24 circa 150 N  
 25 Aumenta di quasi il 60%  
 26 Aumenta del 13%  
 27 0,72 m  
 28 196 N; 96 N  
 29 1200 N, verso sinistra  
 30  $1,60 \cdot 10^5$  N;  $4,20 \cdot 10^5$  N  
 31  $1,21 \cdot 10^3$  N;  $1,01 \cdot 10^3$  N, verso il basso  
 33 18 N  
 34 Sinistra: 189 N; destra: 277 N  
 35  $0,230$  kg · m<sup>2</sup>  
 36 1,6 s  
 37 2,65 s  
 39 212 N;  $5,00 \cdot 10^2$  N  
 40 69 N  
 41 1,7 m  
 42 (a) = 0,100 m; (b) 0,300 m  
 43 29 N  
 45 (a) 2260 N; (b)  $S_y = 1450$  N,  $S_x = 1450$  N  
 46  $1,25$  kg · m<sup>2</sup>  
 47  $-11$  N · m;  $-9,2$  rad/s<sup>2</sup>  
 49 19,2 s  
 50  $7200$  kg · m<sup>2</sup>;  $7,0 \cdot 10^6$  J  
 51 0,78 N  
 52 2/7  
 54 1,18  
 55 2,0 m  
 56 2,84 rad/s

- 57 28 kg
- 58  $2,00 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ;  $1,15 \text{ m}$
- 59  $4,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- 61  $0,26 \text{ rad/s}$
- 62  $7,5 \text{ giri/s}$ ;  $-96 \text{ J}$
- 63  $0,037 \text{ rad/s}$
- 64  $0,500 \text{ rad/s}$ , verso opposto al moto della persona
- 66  $0,17 \text{ m}$
- 67  $34 \text{ m/s}$
- 68  $22 \text{ giri/s}$
- 69  $2 \text{ giri}$
- 70  $4,2 \text{ N} \cdot \text{m}$
- 71  $0,125 \text{ s}$
- 72  $157,3 \text{ rad/s}$
- 73  $1,3 \text{ m/s}$
- 74  $0,70 \text{ m}$
- 75  $8,0 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}$
- 77  $0,055 \text{ N}$
- 78  $51,4 \text{ N}$
- 79  $22,0 \text{ kg}$

**Capitolo 6**

**La gravitazione**

- 1 A causa degli errori di arrotondamento
- 2  $5,8 \cdot 10^7 \text{ km}$
- 3  $224 \text{ giorni}$
- 5 Circa  $3000 \text{ anni}$
- 6  $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ N}$
- 7 (a)  $F_{\text{roccia}} = 49 \text{ N}$ ,  
 $F_{\text{ciottolo}} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ ;  
(b)  $a_{\text{roccia}} = 9,80 \text{ m/s}^2$ ,  
 $a_{\text{ciottolo}} = 9,80 \text{ m/s}^2$
- 8  $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ N}$
- 9 (a)  $F_{\text{goccia}} = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ ;  
(b)  $F_{\text{Terra}} = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
- 11  $9,6 \cdot 10^{-9} \text{ N}$
- 12  $0,223 \text{ m/s}^2$
- 13  $5,67 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ , verso destra;  
 $3,49 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ , verso destra;  
 $9,16 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ , verso sinistra
- 15  $1,04 \cdot 10^3 \text{ N}$ ;  $1,04 \cdot 10^3 \text{ N}$ ;  
 $2,45 \text{ m/s}^2$ ;  $1,74 \cdot 10^{-22} \text{ m/s}^2$
- 16  $120 \text{ N}$
- 17  $3,75 \text{ m/s}^2$ ;  $2,4 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 18  $2,25 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$
- 19  $3,47 \cdot 10^8 \text{ m}$
- 20  $178$
- 21  $0,84$
- 22  $1,05$
- 23  $0,010$
- 24  $132 \text{ N}$
- 25  $3,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$
- 26  $0,414 \cdot L$
- 27  $1,33 \cdot 10^4 \text{ m/s}$
- 28  $4,20 \cdot 10^4 \text{ m/s}$
- 29  $5,92 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
- 30  $1/27$
- 32  $223 \text{ giorni}$
- 33  $12 \text{ m/s}$
- 35  $912 \text{ m}$ ;  $228 \text{ m}$ ;  $2,50 \text{ m/s}^2$
- 36  $2,45 \cdot 10^4 \text{ N}$
- 37  $-7,63 \cdot 10^{28} \text{ J}$
- 38  $-1,25 \cdot 10^9 \text{ J}$
- 39  $7,84 \cdot 10^3 \text{ J}$
- 40  $-6,4 \cdot 10^{10} \text{ J}$
- 41  $3,1 \cdot 10^6 \text{ m}$
- 43  $1/r = -v^2/(2GM_s) + 1/r_1 =$   
 $= -(5,0 \cdot 10^4)^2 /$   
 $/(2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \cdot$

- $\cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}) + 1/1,00 \cdot 10^{11} \text{ m} \sim$   
 $\sim 5,8 \cdot 10^{-13} \text{ m}$ , da cui  
 $r \sim 1,7 \cdot 10^{12} \text{ km}$
- 44  $-1,42 \cdot 10^{10} \text{ J}$ ;  $-7,0 \cdot 10^9 \text{ J}$
- 45  $1,9 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
- 46  $8,62 \cdot 10^{25} \text{ kg}$
- 47  $3 \text{ km}$
- 48  $10,5 \text{ m/s}^2$ ;  $1,07$
- 49  $5,9 \cdot 10^7 \text{ s}$
- 50  $1,76 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
- 51  $2,88 \cdot 10^{10} \text{ m}$ ;  $r_p = 0,192 \cdot r_T$
- 52  $11,2 \text{ km/s}$
- 53  $7,6 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
- 54  $0,628$
- 55  $4,77 \cdot 10^{20} \text{ N}$
- 56  $27,5 \text{ giorni}$
- 57  $1,9 \cdot 10^2 \text{ m/s}$
- 59  $\omega_{\text{max}} = \sqrt{4\pi Gr/3}$
- 60 Il campo del Sole è circa il doppio
- 61  $2,68 \cdot 10^{12} \text{ m} = 179 \text{ UA}$ ;  $35,2 \text{ UA}$ ;  
 $923 \text{ m/s}$
- 62  $816 \text{ m}$

**Capitolo 7**

**I fluidi**

- 1  $32 \text{ N}$
- 2  $0,50 \text{ m}$
- 3  $5,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- 4  $108 \text{ N}$
- 5  $0,015 \text{ m}$
- 6  $0,356 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $3,08 \cdot 10^4 \text{ m}^3$
- 7  $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ ;  $0,38 \text{ m/s}$
- 8  $2,52 \text{ m/s}$
- 9  $0,033 \text{ m}^2$ ;  $0,020 \text{ m}^2$
- 10 (a)  $2,5 \cdot 10^5 \text{ kg}$ ; (b)  $18 \text{ m/s}$
- 11  $46 \text{ Pa}$ ; entra in B ed esce in A
- 12  $145 \text{ Pa}$
- 13  $96 \text{ Pa}$
- 14  $1,92 \cdot 10^5 \text{ N}$
- 15  $17,1 \text{ m/s}$ ;  $2,22 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
- 16  $32,8 \text{ m/s}$ ;  $54,9 \text{ m}$
- 18  $14 \text{ m/s}$ ;  $0,98 \text{ m}^3/\text{s}$
- 19  $33 \text{ m/s}$
- 20  $9600 \text{ N}$
- 21 Il foro più grande è posto in alto;  $1,19$
- 22  $7,78 \text{ m/s}$
- 23  $6,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- 24  $1,7 \text{ m}$
- 25 Si riduce dell'80%
- 28  $2,8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ ;  $10 \text{ m/s}$
- 29  $6,8 \text{ Pa}$
- 30  $290 \text{ gal/min}$
- 31  $1,40 \cdot 10^5 \text{ N}$ , verso il basso
- 32  $6,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
- 33  $580 \text{ Pa}$
- 34  $20 \text{ m/s}$
- 36  $0,36 \text{ m}$
- 37  $0,9 \text{ circa}$
- 10  $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- 11  $49 \text{ }^\circ\text{C}$
- 12  $2,0027 \text{ s}$
- 13  $91 \text{ }^\circ\text{C}$
- 14  $3/5$
- 15  $3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
- 16  $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$
- 17  $705 \text{ kg/m}^3$ ;  $688 \text{ kg/m}^3$
- 18  $230 \text{ }^\circ\text{C}$
- 19  $7,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
- 21  $9,0 \text{ mm}$
- 22  $6,9 \text{ volte}$
- 23  $19 \text{ }^\circ\text{C}$
- 24  $384$
- 25  $121 \text{ kg}$
- 26  $21,03 \text{ }^\circ\text{C}$
- 27  $940 \text{ }^\circ\text{C}$
- 28  $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$
- 30  $650 \text{ W}$
- 31  $1,3 \cdot 10^5 \text{ J}$
- 32  $3,9 \cdot 10^5 \text{ J}$
- 33  $4,52 \cdot 10^6 \text{ J}$ ;  $5,36 \cdot 10^6 \text{ J}$
- 34  $0,42 \text{ kg}$
- 35  $13 \text{ }^\circ\text{C}$
- 36  $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
- 37  $1,85 \cdot 10^5 \text{ J}$
- 38  $4,38 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
- 39  $1,9 \cdot 10^4 \text{ J/kg}$
- 40  $3,50 \cdot 10^2 \text{ m/s}$
- 42  $4,483$
- 43  $0 \text{ }^\circ\text{C}$
- 44  $10 \text{ }^\circ\text{C}$
- 45  $87\%$
- 46  $76\%$
- 47  $39\%$
- 48  $28\%$
- 49  $123 \text{ }^\circ\text{C}$
- 50  $12 \text{ J}$
- 51  $42 \text{ J/s}$
- 52  $287 \text{ }^\circ\text{C}$
- 54  $14,5 \text{ giorni}$
- 55  $2,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$
- 56  $5800 \text{ K}$
- 57  $0,40 \text{ m}$
- 59  $12 \text{ cilindri}$
- 60  $4,5$
- 61  $0,74$
- 62  $0,39 \text{ kg}$
- 63  $557,7 \text{ }^\circ\text{C}$
- 64  $0,084 \text{ m}$
- 65  $8,0 \cdot 10^2 \text{ J/s}$
- 66  $0,027 \text{ kg}$
- 67  $43,0 \text{ }^\circ\text{C}$
- 68  $33\%$
- 69  $3,0 \cdot 10^{20} \text{ J}$ ;  $3,2 \text{ anni}$
- 70  $0,016 \text{ }^\circ\text{C}$
- 71  $8,6 \text{ MJ}$
- 72  $1,2 \cdot 10^4 \text{ s}$
- 73  $320 \text{ K}$
- 74 Combinazione A:  $31,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
combinazione B:  $34,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
combinazione C:  $30,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- 75  $1,22 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
- 76  $23 \text{ }^\circ\text{C}$
- 77  $5,2 \cdot 10^7 \text{ J}$
- 78  $0,765 \text{ m}$
- 79  $120 \text{ }^\circ\text{C}$
- 81 Inc  $\sim 11\%$  con  $K \sim 2\% Q$ ;  
 $C_{\text{nitro}} \sim 9\% C_{\text{cilindro}}$
- 82  $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- 83  $2,0$ ;  $0,61$
- 84  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $18 \text{ }^\circ\text{C}$

**Capitolo 8**

**Temperatura e calore**

- 1  $102 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $-173 \text{ }^\circ\text{C}$
- 2  $4,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- 3  $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- 4  $1500 \text{ m}$
- 5  $-2,82 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- 7  $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- 8  $0,0017$

- 85  $996 \text{ N}$
- 86  $32,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- 87 La velocità angolare della ruota diminuisce quando la ruota si scalda;  $21,70 \text{ rad/s}$
- 88  $0,34$
- 89  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

**Capitolo 9**

**Le leggi dei gas ideali e la teoria cinetica**

- 1  $1,07 \cdot 10^{-22} \text{ kg}$
- 2  $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ g}$
- 3  $294,307 \text{ u}$ ;  $4,887 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$
- 4  $1,29 \cdot 10^{21}$ ;  $5,84 \cdot 10^{20}$
- 5 Alluminio
- 6  $2,3 \cdot 10^3 \text{ mol}$ ;  $1,4 \cdot 10^{27}$
- 7  $42,4 \text{ mol}$
- 9  $7,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ;  $2,11 \cdot 10^{25}$
- 10  $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
- 11  $1,1 \text{ g}$
- 12  $201 \text{ mol}$ ;  $1,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- 13  $67,0 \text{ m}^3$
- 14  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$
- 15  $925 \text{ K}$
- 17  $12$
- 18  $2,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- 19  $39$
- 20  $2,2 \text{ kg/m}^3$
- 21  $0,205$
- 22  $0,93 \text{ mol/m}^3$
- 23  $0,090\%$
- 25  $3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 26  $5,9 \cdot 10^4 \text{ g}$
- 27  $1,02$
- 28  $442 \text{ K}$
- 29  $1,98 \cdot 10^3 \text{ N/m}$
- 30  $308 \text{ K}$
- 31  $745 \text{ K}$
- 32  $46,3 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ;  $40,1 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- 33  $414 \text{ m/s}$
- 34  $1,73$
- 35  $1,6 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$
- 36  $1,2 \cdot 10^4 \text{ J}$
- 37  $2,098$
- 38  $1,0 \cdot 10^5 \text{ case}$
- 39  $54 \text{ s}$
- 41  $4,0 \cdot 10^1 \text{ Pa}$
- 42  $-120 \text{ N}$ ;  $120 \text{ N}$ ;  $4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- 43  $0,14 \text{ kg/m}^3$
- 44  $7,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- 45  $5,00 \cdot 10^{-13} \text{ kg/s}$ ;  $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$
- 46  $1,34 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$
- 47  $31 \text{ s}$
- 48  $304 \text{ K}$
- 49  $2,8 \text{ kg/m}^3$
- 51  $8,1 \text{ g}$
- 52  $2,5 \cdot 10^{21}$
- 53  $0,140 \text{ m}$
- 54 Percentuale argon:  $3,1\%$ ;  
percentuale neon:  $13,4\%$ ;  
percentuale elio:  $83,4\%$
- 55  $11 \text{ diluizioni}$
- 56  $3,70 \cdot 10^2 \text{ K}$
- 57  $327 \text{ m/s}$
- 58  $3,9 \cdot 10^5 \text{ J}$
- 59  $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
- 60  $343 \text{ m/s}$
- 61  $2820 \text{ m}$
- 62  $2,1 \text{ s}$ ;  $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ s}$
- 63  $7,23 \cdot 10^{-20} \text{ J}$

65  $h \sim 334$  m; affonda

66 11,7

67  $2,3 \cdot 10^6$  s

68  $2,01 \cdot 10^{26}$  atomi/s

$$69 \quad x = \frac{1}{2\rho_a g} \left[ -(p_0 + \rho_{Hg} gh) + \sqrt{(p_0 + \rho_{Hg} gh)^2 + 4\rho_a (\rho_a g L^2 + \rho_{Hg} gh L)} \right]$$

70  $6,19 \cdot 10^5$  Pa

## Capitolo 10

### Il primo principio della termodinamica

1 -87 J; +87 J

3  $+1,6 \cdot 10^4$  J;  $-4,2 \cdot 10^4$  J;  $-2,6 \cdot 10^4$  J

4 436 K

5  $-5,03 \cdot 10^5$  J;  $1,20 \cdot 10^2$  Cal

6 0 J

7  $4,5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>

8  $3,0 \cdot 10^5$  Pa

9 0 J;  $+2,1 \cdot 10^3$  J;  $-1,5 \cdot 10^3$  J

10 1500 J

11  $+3,0 \cdot 10^3$  J

14  $1,2 \cdot 10^7$  Pa

15  $4,99 \cdot 10^{-6}$

16 -4700 J

17  $-2,1 \cdot 10^2$  K

18  $+5,0 \cdot 10^3$  J;  $-5,0 \cdot 10^3$  J

19 6200 J

21  $2,00 \cdot 10^6$  J; 925 K;  $4,40 \cdot 10^6$  J

22  $-8,00 \cdot 10^4$  J

23

	$\Delta U$ (J)	$L$ (J)	$Q$ (J)
Da A a B	4990	3320	8310
Da B a C	-4990	0	-4990
Da C a D	-2490	-1660	-4150
Da D a E	2490	0	2490

24  $1,57 \cdot 10^3$  J

25 45 K

26  $1,1 \cdot 10^4$  J;  $1,8 \cdot 10^4$  J

27  $1,40 \cdot 10^2$  K;  $5,24 \cdot 10^3$  J;

$2,33 \cdot 10^3$  Pa

28 0,66

29 4500 J

30 2400 J

32 44,3 s

33 579 K; 754 K

34 172 K

35 0,264 m

36 1,81

37  $8,49 \cdot 10^5$  Pa

38 327 K;  $0,132$  m<sup>3</sup>

39  $2,38 \cdot 10^4$  J

40  $2,18 \cdot 10^4$  Pa;  $4,02 \cdot 10^4$  Pa;  $L < 0$

41 -98 K

42 0;  $-6,1 \cdot 10^3$  J; 310 K

43 1100 J

44 3100 J

45 142 K

46 270 J

47 -1900 J

48 60,0%; 40,0%

49  $-1,29 \cdot 10^{-2}$  m<sup>3</sup>

50 4,8 J

51 24,4 J; 37,3 J/(mol·K)

52  $3,1 \cdot 10^5$  Pa

53 (a) 0 J; (b) +561 J; (c) +8043 J;

(d) -4864 J; (e) -7731 J

55 -222 J; -222 J

56 280 J

57  $T_{1f} = 477$  K;  $T_{2f} = 323$  K

58  $7,0 \cdot 10^3$  J

## Capitolo 11

### Il secondo principio della termodinamica

1 0,631

2 3800 J

3 8600 J; 3100 J

5 0,75

6 5/9; 1/3

7 0,70

8 3000 J

9 349 K

11 1260 K;  $1,74 \cdot 10^4$  J

12 Abbassare la temperatura della sorgente fredda

14 146 °C

15  $2,5 \cdot 10^3$  J

16 0,360;  $1,3 \cdot 10^{13}$  J

17 1,23

18 13

19  $5,86 \cdot 10^5$  J

20 275 K

22 24%

23 1050 J; 2,99

24 21

25  $2,0 \cdot 10^4$ ;  $1,5 \cdot 10^4$  J

26  $1,26 \cdot 10^3$  K

27 11,6 J/K

28  $+0,4$  J/K; 0 J/K;  $-1,0$  J/K

29 267 K

30 -125 J/K

32  $1,40 \cdot 10^2$  J/K

33 313 K;  $1,10 \cdot 10^2$  J/K;

$3,00 \cdot 10^4$  J

34  $+8,0 \cdot 10^2$  J/K

35 0,68

36  $3,1 \cdot 10^4$  J

37  $3,68 \cdot 10^3$  J/K;  $1,82 \cdot 10^4$  J/K

38 9,03

39 1090 K

40  $4,6 \cdot 10^3$  J;  $4,1 \cdot 10^5$  J

41 1,2

42 1,7

43 0,30 centesimi

44 19,3

45 A: 220 J, B: 120 J; A: 4550 J,

B: 4450 J

46 0,108

47 223 s

49  $\eta = 50\%$ ;  $\Delta S_{\text{universo}} = 0$

50 (a)  $+1,74$  J/K; (b) 811 J;

(c) 546 J

51 5,7 °C

52  $1,4 \cdot 10^{26}$  J/K

53 735 K; 271 K

55 75%; 520 kJ; 80%;

1,68 MJ