(注) 最後の答は，原則として3桁で記すことにする。

1.2 運動の法則 A

18.（解答例）

第1法則：慣性の法則と呼ばれ，物体に力が働かなければ，静止している物体は永久に静止し，運動している物体は永久に等加速度直線運動を続ける，という法則。（65字）

第2法則：運動方程式を述べた法則で，物体に力が加えられたときに生じる加速度は，その力に比例し，物体の質量に反比例するという法則。（59字）

第3法則：作用反作用の法則と呼ばれ，物体Aが別の物体Bに力を及ぼすと，BからAへも力が及ぼされ，それらの力は同一直線上で大きさは等しく向きは反対である。（71字）

19. $ma = F$

$$\therefore \ a = \frac{F}{m} = \frac{9.8\,\mathrm{N}}{5\,\mathrm{kg}} = 1.96\ \mathrm{m/s^2}$$

$$F = ma = 5\,\mathrm{kg} \times 4.9\,\mathrm{m/s^2} = 24.5\,\mathrm{N}$$

20. $$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4\,\mathrm{m/s}}{5\,\mathrm{s}} = 0.8\ \mathrm{m/s^2} = 0.800\ \mathrm{m/s^2}$$

$$F = ma = 5\,\mathrm{kg} \times 0.8\,\mathrm{m/s^2} = 4\,\mathrm{N} = 4.00\,\mathrm{N}$$

$$\therefore \ a' = \frac{F}{m'} = \frac{4\,\mathrm{N}}{8\,\mathrm{kg}} = 0.5\ \mathrm{m/s^2} = 0.500\ \mathrm{m/s^2}$$

21. (1) $$a = \frac{F}{m} = \frac{3\,\mathrm{N}}{1\,\mathrm{kg}} = 3\,\mathrm{m/s^2} = 3.00\ \mathrm{m/s^2}$$

(2) $$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad \therefore \ \Delta v = a\Delta t = 3\,\mathrm{m/s^2} \times 2\,\mathrm{s} = 6\,\mathrm{m/s}$$

初め静止していたから，2秒後の速さは $6.00\,\mathrm{m/s}$

(3) $$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 3\,\mathrm{m/s^2} \times (2\,\mathrm{s})^2 = 6\,\mathrm{m} = 6.00\,\mathrm{m}$$

（別解） $v^2 - v_0^2 = 2ax$ より $$x = \frac{v^2}{2a} = \frac{(6\,\mathrm{m/s})^2}{2 \times 3\,\mathrm{m/s}} = 6\,\mathrm{m} = 6.00\,\mathrm{m} \qquad (v_0 = 0\,\mathrm{m/s})$$

1.2 運動の法則 B

26. (1) グラフより，加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1.2\,\mathrm{m/s}}{3\,\mathrm{s}} = 0.4\ \mathrm{m/s^2} = 0.400\ \mathrm{m/s^2}$

よって，力 $F = ma = 2\,\mathrm{kg} \times 0.4\ \mathrm{m/s^2}$

$= 0.8\,\mathrm{N} = 0.800\,\mathrm{N}$

(2) 等速直線運動している間は力がはたらいていないので，グラフから 3sから5sの間.

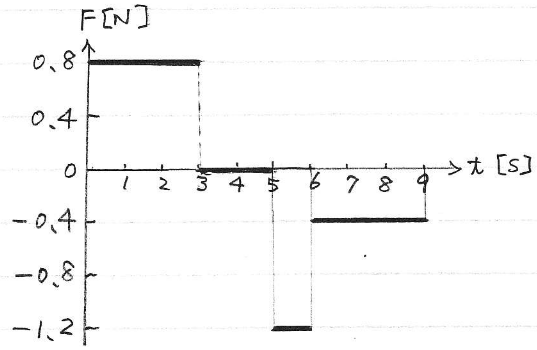
(3) 5〜6s では，加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.6\,\mathrm{m/s} - 1.2\,\mathrm{m/s}}{6\,\mathrm{s} - 5\,\mathrm{s}} = -0.6\,\mathrm{m/s^2}$

力 $F = ma = 2\,\mathrm{kg} \times (-0.6\,\mathrm{m/s^2}) = -1.2\,\mathrm{N}$

6〜9s では，$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0\,\mathrm{m/s} - 0.6\,\mathrm{m/s}}{9\,\mathrm{s} - 6\,\mathrm{s}} = -0.2\,\mathrm{m/s^2}$

$F = ma = 2\,\mathrm{kg} \times (-0.2\,\mathrm{m/s^2}) = -0.4\,\mathrm{N}$

以上から，次のようなグラフが得られる.



27. (1) 気球にはたらく浮力を f，重力を $W (= mg)$ とすると，上昇するための力 F は，

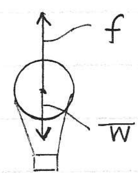
$F = f - W$

である. $F = ma$ であるから

$ma = f - mg$

$\therefore\ a = \frac{f}{m} - g = \frac{117.6\,\mathrm{N}}{10\,\mathrm{kg}} - 9.8\,\mathrm{m/s^2}$

$= 1.96\,\mathrm{m/s^2}$



(2) $y = \frac{1}{2}at^2$ より $t = \sqrt{\frac{2y}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 40\,\mathrm{m}}{1.96\,\mathrm{m/s^2}}}$

$= 6.3887 \cdots\ \mathrm{s}$

$= 6.39\ \mathrm{s}$

22. $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{0\,m/s - 40\,m/s}{5\,s} = -8\,m/s^2 = -8.00\,m/s^2$

$F = ma = 100\,kg \times (-8\,m/s^2) = -800\,N$

進行方向とは逆向きに 800N の力が必要.

23. $|F| = G\dfrac{Mm}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11}\,N\cdot m^2/kg^2 \times \dfrac{158\,kg \times 0.738\,kg}{(0.40\,m)^2}$

$= 4.8609 \cdots\cdots N$

$= 4.86\,N$

24. $|F| = G\dfrac{Mm}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11}\,N\cdot m^2/kg^2 \times \dfrac{50\,kg \times 50\,kg}{(1.0\,m)^2}$

$= 1.6675 \times 10^{-7}\,N$

$= 1.67 \times 10^{-7}\,N$

25. ばねの自然長(何もつるさないときのばねの長さ)を l, ばねの弾性係数を k とする.
質量 M のおもりをつるしたときのばねの伸びを x とすると, 重力加速度を g として,
$kx = Mg$ が成り立つ. ばねの全長を L とすると, 伸びは $x = L - l$ で
表されるから, $k(L-l) = mg$ が成り立つ.
この式を問題文に当てはめると,

$$\begin{cases} k(0.22\,m - l) = 0.050\,kg \times g & \cdots\cdots ① \\ k(0.28\,m - l) = 0.080\,kg \times g & \cdots\cdots ② \end{cases}$$

の2式が得られる. (0.22 m, 0.28 m の「m」は単位メートル)

①÷② より $\dfrac{0.22\,m - l}{0.28\,m - l} = \dfrac{0.050}{0.080}$ (右辺で単位 kg も消える)

$\therefore\ 0.080(0.22\,m - l) = 0.050(0.28\,m - l)$

$\therefore\ 0.0176\,m - 0.080\,l = 0.014\,m - 0.050\,l$

$\therefore\ 0.030\,l = 0.0036\,m$

$\therefore\ l = 0.12\,m = 0.120\,m$

これを ① に代入して, ($g = 9.8\,m/s^2$ とする)

$k(0.22\,m - 0.12\,m) = 0.050\,kg \times 9.8\,m/s^2$

$\therefore\ k(0.10\,m) = 0.49\,N$

$\therefore\ k = \dfrac{0.49\,N}{0.10\,m} = 4.9\,N/m = 4.90\,N/m$

28. 物体にはたらく重力を $W(=mg)$, 糸にはたらく力（張力）を T とする.
物体の加速度を a として, 運動方程式は, 鉛直上向きを正として,

$$ma = T - W \ (= T - mg) \qquad \text{-----①}$$

である.

(1) 静止しているときは $a = 0\ \mathrm{m/s^2}$ であるので,

$$T = mg = 1\,\mathrm{kg} \times 9.8\ \mathrm{m/s^2} = 9.8\ \mathrm{N} = 9.80\ \mathrm{N}$$

(2) 等速直線運動しているときも $a = 0\ \mathrm{m/s^2}$ であるので, (1) と同様 $T = 9.80\ \mathrm{N}$

(3) ①より $T = ma + mg = m(a+g) = 1\,\mathrm{kg} \times (1\ \mathrm{m/s^2} + 9.8\ \mathrm{m/s^2})$

$$= 10.8\ \mathrm{N}$$

(4) ①より $T = m(a+g) = 1\,\mathrm{kg} \times (-9.8\ \mathrm{m/s^2} + 9.8\ \mathrm{m/s^2})$

$$= 0\ \mathrm{N} = 0.00\ \mathrm{N}$$

（自由落下のとき, 張力は 0 N である）

29. 地上にある質量 m の物体にはたらく重力 mg は, 物体と地球との間にはたらく万有引力である. したがって, 地球の質量を M とすると

$$mg = G\frac{Mm}{r_0^2}$$

$$\therefore\ M = \frac{g r_0^2}{G} = \frac{9.8\ \mathrm{m/s^2} \times (6.37 \times 10^6\ \mathrm{m})^2}{6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\cdot m^2/kg^2}} = 5.9618\cdots \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$$

$$= 5.96 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$$

$$\text{密度}\ \rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} = \frac{5.9618 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}}{\frac{4}{3} \times \pi \times (6.37 \times 10^6\ \mathrm{m})^3}$$

（半径 r の球の体積 $= \frac{4}{3}\pi r^3$）

$$= 5.5064\cdots \times 10^3\ \mathrm{kg/m^3}$$

$$= 5.51 \times 10^3\ \mathrm{kg/m^3}$$

1、2 運動の法則 $\boxed{C}$

30. 地球と月の半径をそれぞれ R_1, R_2
地球と月の質量をそれぞれ M_1, M_2
物体の質量を m
物体が地球表面と月の表面で受ける万有引力の大きさをそれぞれ F_1, F_2とする.

$$\begin{cases} F_1 = G\dfrac{M_1 m}{R_1^2} \ (= mg) \\ F_2 = G\dfrac{M_2 m}{R_2^2} \end{cases}$$

であるから,

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{G\dfrac{M_2 m}{R_2^2}}{G\dfrac{M_1 m}{R_1^2}} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2\left(\frac{M_2}{M_1}\right) = \left(\frac{11}{3}\right)^2\left(\frac{1}{81}\right) = 0.16598\cdots$$

よって, 月から受ける重力は $0.16598 \times 18\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} = 29.278\cdots\,\mathrm{N}$
$= 29.3\,\mathrm{N}$

31. 物体の質量を m, 地球の質量を Mとする.

$$\begin{cases} F_0 = G\dfrac{Mm}{r_0^2} \\ F_h = G\dfrac{Mm}{(r_0+h)^2} \end{cases}$$

であるから,

$$\frac{F_h}{F_0} = \frac{G\dfrac{Mm}{(r_0+h)^2}}{G\dfrac{Mm}{r_0^2}} = \frac{r_0^2}{(r_0+h)^2} = \frac{r_0^2}{r_0^2\left(1+\dfrac{h}{r_0}\right)^2} = \frac{1}{\left(1+\dfrac{h}{r_0}\right)^2}$$

ここで, $x \ll 1$ のとき $\dfrac{1}{(1+x)^2} \fallingdotseq 1-2x$ という公式を用いると

$$\frac{F_h}{F_0} = 1 - 2\frac{h}{r_0}$$

$$\therefore F_h = F_0\left(1 - \frac{2h}{r_0}\right)$$

$h = 3776\,\mathrm{m}$, $r_0 = 6400\,\mathrm{km} = 6.4\times10^6\,\mathrm{m}$ を代入すると

$$1 - \frac{2h}{r_0} = 1 - \frac{2\times3776\,\mathrm{m}}{6.4\times10^6\,\mathrm{m}} = 1 - 1.18\times10^{-3}$$

よって, $1.18\times10^{-3} = 0.118\,\%$ 小さくなる