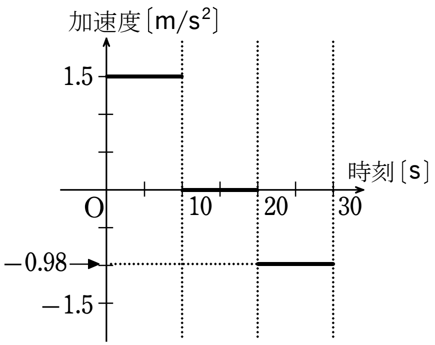
1．

時刻 0 s に静止していた小物体を水平面上で直線運動させた。小物体の加速度は，時刻 0 s から 10 s の間では $1.5\ \mathrm{m/s^2}$，時刻 10 s から 20 s の間では $0\ \mathrm{m/s^2}$，時刻 20 s から 30 s の間では $-0.98\ \mathrm{m/s^2}$ であった。この加速度と時刻の関係をグラフに表すと，図のようになる。



(1) 時刻 15 s における小物体の速さとして最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{\ 1\ }$ m/s

① 1.0　② 1.5　③ 2.3

④ 10　⑤ 15　⑥ 23

(2) 時刻 20 s から 30 s の間，小物体はあらい水平面上で摩擦力のみによって減速した。小物体と水平面の間の動摩擦係数として最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。ただし，重力加速度の大きさを $9.8\ \mathrm{m/s^2}$ とする。$\boxed{\ 2\ }$

① 0.10　② 0.20　③ 0.98

④ 1.0　⑤ 2.0　⑥ 9.8

解答 (1) ⑤　(2) ①

解説

(1) 時刻 0 s から 10 s では，初速度 0 m/s，加速度 $1.5\ \mathrm{m/s^2}$ の等加速度直線運動をするので，10 s での速度 v は

$$v = 0 + 1.5 \times 10 = 15\ \mathrm{m/s}$$

10 s から 20 s までは加速度 $0\ \mathrm{m/s^2}$ で等速直線運動をするので，時刻 15 s における速さは 15 m/s。

以上より最も適当なものは ⑤。

(2) 小物体が水平面から受ける垂直抗力は重力とつりあうので，小物体の質量を m，重力加速度の大きさを g，動摩擦係数を μ' とし，小物体の加速度を a として運動方程式を立てると

$$ma = -\mu' mg$$

よって

$$a = -\mu' g$$

数値を代入すると

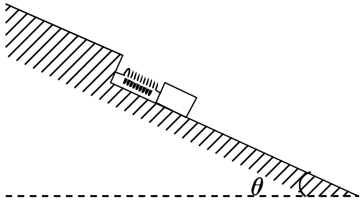
$$-0.98 = -\mu' \times 9.8$$

ゆえに　$\mu' = 0.10$

以上より最も適当なものは ①。

2．

図のように，水平面との傾きの角が θ のあらい斜面上に，上端を斜面上の壁に固定した軽いばねの他端に物体を取りつけ，ばねが自然の長さになるように手で物体を支えた。その後，物体を静かにはなすと，物体は斜面をすべり始め，振動することなく静止した。ばねの自然の長さからの伸びを x とし，斜面にそって下向きを正とする。物体の質量を m，重力加速度の大きさを g，ばね定数を k，あらい斜面と物体との間の動摩擦係数を μ' とする。次の問いに答えよ。



(1)　物体がすべり下りるとき，

(a)　ばねが物体を引く力の大きさ f を，k，x を用いて表せ。

(b)　物体にはたらく動摩擦力の大きさ F を，m，g，θ，μ' を用いて表せ。

(c)　斜面にそった方向の運動方程式を，物体の加速度を a として，m，g，f，F，θ を用いて表せ。

(2)　物体が斜面にそって距離 L だけすべり下りたとき，速さが v になった。すべり始めからこの間に失われた物体の力学的エネルギー E を，m，g，L，v，k，θ を用いて表せ。

(3)　動摩擦係数 μ' を，m，g，L，E，θ を用いて表せ。

解答　(1)　(a)　kx　　(b)　$\mu' mg\cos\theta$　　(c)　$ma=mg\sin\theta-f-F$

(2)　$mgL\sin\theta-\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}kL^2$　　(3)　$\frac{E}{mgL\cos\theta}$

解説

(1)　物体がすべり下りるときの物体にはたらく力を描くと図 a のようになる。

(a)　フックの法則「$F=kx$」より，求める力の大きさ f は

$$f=k|x|=kx$$

(b)　動摩擦力の式「$F'=\mu' N$」より

$$F=\mu' N=\mu' mg\cos\theta$$

(c)　正の向きが斜面にそって下向きであることに注意して

$$ma=mg\sin\theta-f-F$$

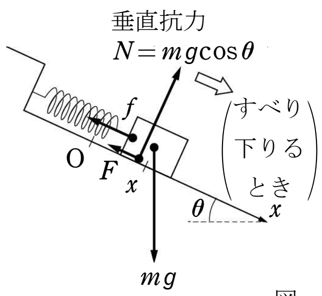


図 a

(2)　すべり始めの高さを物体の重力による位置エネルギーの基準として，それぞれの瞬間における力学的エネルギーを求める。すべり始めは

運動エネルギー　$K_0=0$

位置エネルギー　$U_0=0$

距離 L だけすべり下りたときは

運動エネルギー　$K=\frac{1}{2}mv^2$

位置エネルギー　$U=-mgL\sin\theta+\frac{1}{2}kL^2$

となる。この間に失われた力学的エネルギー E は

$$E=(K_0+U_0)-(K+U)$$
$$=0-\left(\frac{1}{2}mv^2-mgL\sin\theta+\frac{1}{2}kL^2\right)$$
$$=mgL\sin\theta-\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}kL^2$$

(3)　動摩擦力がした負の仕事の分だけ，力学的エネルギーが変化する。この間，動摩擦力がした仕事 W は

$$W=-FL=-\mu' mg\cos\theta\cdot L$$

よって　$E=|W|=\mu' mgL\cos\theta$

ゆえに　$\mu'=\frac{E}{mgL\cos\theta}$