答：h

(5) 説明・計算：(問題を「落下する直前」とし，求める速さをvとする)

力学的エネルギー保存則より，$E_{\text{地面直前}} = E_0 = \diamond$ J ，$U_{\text{地面直前}} = 0$J

$E_{\text{地面直前}} = K_{\text{地面直前}} = \diamond$ J

答：$v =$ 14m/s $(= v_0)$

問 13-6　(2)(3)では，力学的エネルギー保存則が成り立つかどうか，理由を付けて説明する。

(1) 説明・計算：(求める力学的エネルギーをE_{10}とする)

注：問題文の「ゆっくりとすべり始める」とは初速度ゼロですべり始めるという意味である。

$v_{10} = 0$m/s，$y_{10} = 10$ m

$\Rightarrow\ E_{10} = K_{10} + U_{10} = U_{10} = \cdots = \diamond$ J

答：$E_{10} =$

(2) 説明・計算：(求める力学的エネルギーを$E_{2.5}$とする)

摩擦が働かず，垂直抗力が仕事をしないので力学的エネルギー保存則が成り立つ　$E_{2.5} = E_{10} = \diamond$ J

答：$E_{2.5} =$

(3) 説明・計算：(求める力学的エネルギーをE_0とする)

力学的エネルギー保存則が成り立つので

$E_0 = E_{10} = \diamond$ J

答：$E_0 =$

問題 13-9（この問題では，小球はばねに押されて射出される。小球がばねに接着されているわけではない。）

（1）説明・計算：（求める高さをhとする）

摩擦力が作用せず，垂直抗力は仕事をしないので，

力学的エネルギー保存則が成り立つ。 $E_1 = E_2$

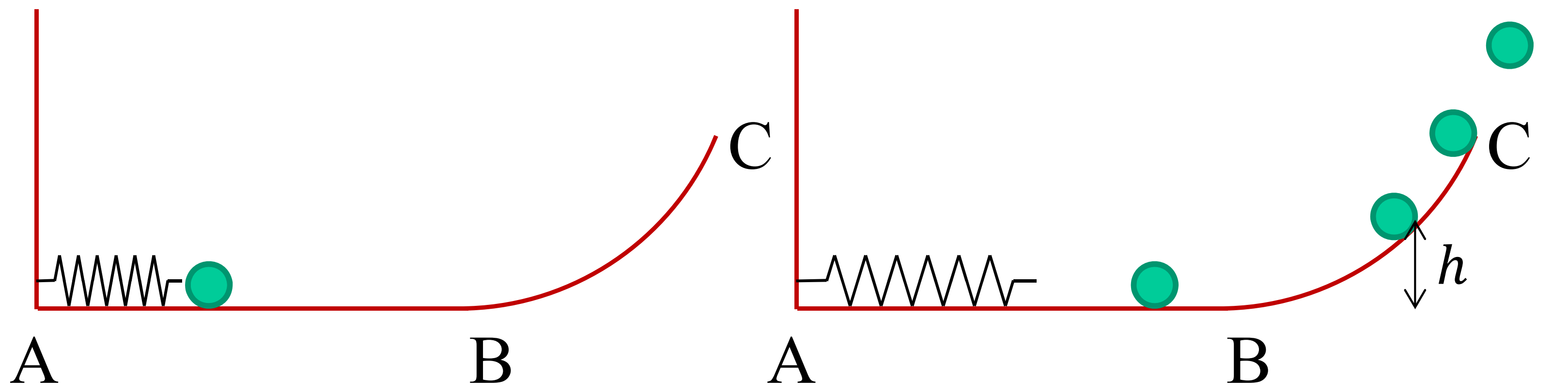
初め，$E_1 = \frac{1}{2} m \times (0\,[\mathrm{m/s}])^2 + mg \times 0[\mathrm{m}] + \frac{1}{2} \times 9.8\,[\mathrm{N/m}] \times (0.02[\mathrm{m}])^2$

最高点，$E_2 = \frac{1}{2} m \times (0\,\mathrm{m/s})^2 + mgh \quad \Rightarrow \quad h = \cdots$

ばねから離れているので$\frac{1}{2}k{x_2}^2$はない

答：$h=$

（2）説明・計算：（求める速さをv_cとする）



・・・ので，力学的エネルギー保存則が成り立つ。 $E_1 = E_3$

C点 $E_2 = \frac{1}{2} m{v_\mathrm{c}}^2 + mg \times (0.4\mathrm{m}) \quad \Rightarrow \quad v_\mathrm{c} = \cdots$

答：$v_\mathrm{c}=$

授業予定（変更されたシラバス）

①力学1の確認と力学2の概要
②仕事
③運動エネルギー
④位置エネルギー　（小）
⑤力学的エネルギーとその保存則　（小）
⑥エネルギーの総合演習　（小）
⑦単振動1：定性的な理解と三角関数（＋確認試験1）
⑧単振動2：運動方程式を解く
⑨単振動3：問題演習　（小）
⑩円運動と慣性力1：基礎事項　（小）
⑪円運動と慣性力2：問題演習　（小）
⑫力のモーメント1：実験的理解と定義　（小）
⑬力のモーメント2：問題演習1　（小）
⑭問題演習2（＋確認試験2）
⑮まとめ
⑯期末試験

力学2≪学習到達目標≫

1）仕事の定義を説明できる。
2）力学的エネルギー保存則を説明できる。
3）単振動の運動方程式を解き，その運動を説明できる。
4）円運動と，慣性力としての遠心力を説明できる。
5）力のモーメントの定義を説明できる。

第6回目　エネルギーの総合演習

今日の授業の目的

前回までの授業で，力学的エネルギーの意味と基礎事項を理解した。そこで，今回の授業の目的は，これまでの授業内容を定着させるための問題演習である。次回は，これまでの内容の確認テストを行う。これまでの授業内容の問題について，自力で適切な答案（図・説明文・計算をレイアウトよくまとめた答案）が書けるように，解答練習を十分に行うこと。

（テキスト p.57）

(1)問題演習12　問題12-1

(1) 仕事
(2) 運動エネルギー
(3) 仕事と運動エネルギーの関係
(4) 仕事率
(5) 重力による位置エネルギー
(6) 弾性力による位置エネルギー

[illegible] 分

（テキスト p.57）

(1)問題演習12　問題12-1

(1) 仕事$W = Fs\cos\theta$ [J]

(2) 運動エネルギー

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{[J]}$$

(3) 仕事と運動エネルギーの関係

$$\frac{1}{2}m{v_2}^2 - \frac{1}{2}m{v_1}^2 = W_{12}$$

(4) 仕事率

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{[W]}$$

(5) 重力による位置エネルギー　$U = mgy \quad (mgh)$ [J]

(6) 弾性力による位置エネルギー　$U = \frac{1}{2}kx^2$ [J]

(2) 問題演習12 の問題12-3

（テキスト p.57 ）

◍ 図を描き，仕事の定義[2回目授業プリント(2.1)]を用いて計算せよ。

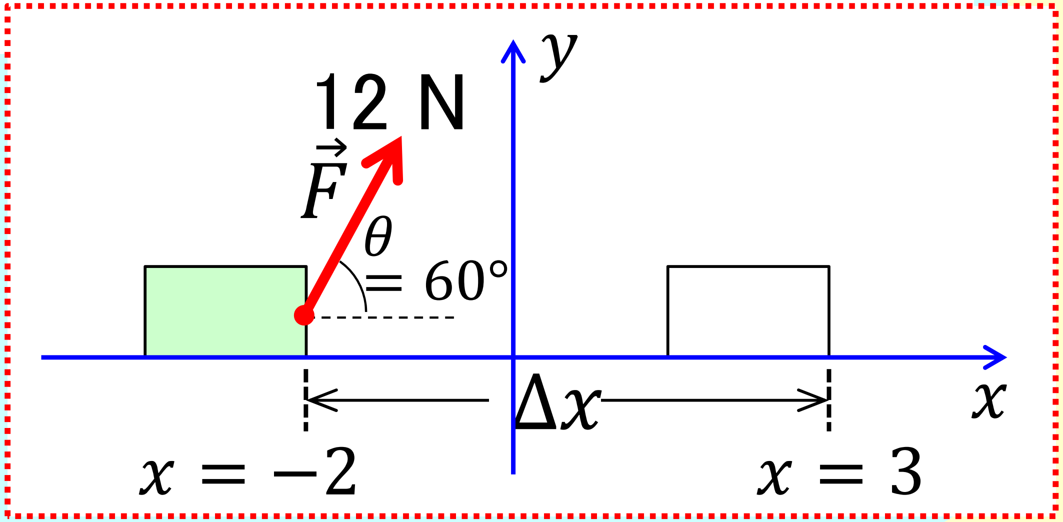
◍ 座標軸を設定する。$x = -2 \to 3$ [m]を移動する。

(a) $\vec{F}$を成分で表せ。(b) 成分を用いて仕事を求めよ。

◍ $\vec{F}(x) = \left(F_x(x), F_y(x)\right) = \left(x + 8,\ \sqrt{3}(x^2 + 2)\right)$ [N]と変化する場合を考える。

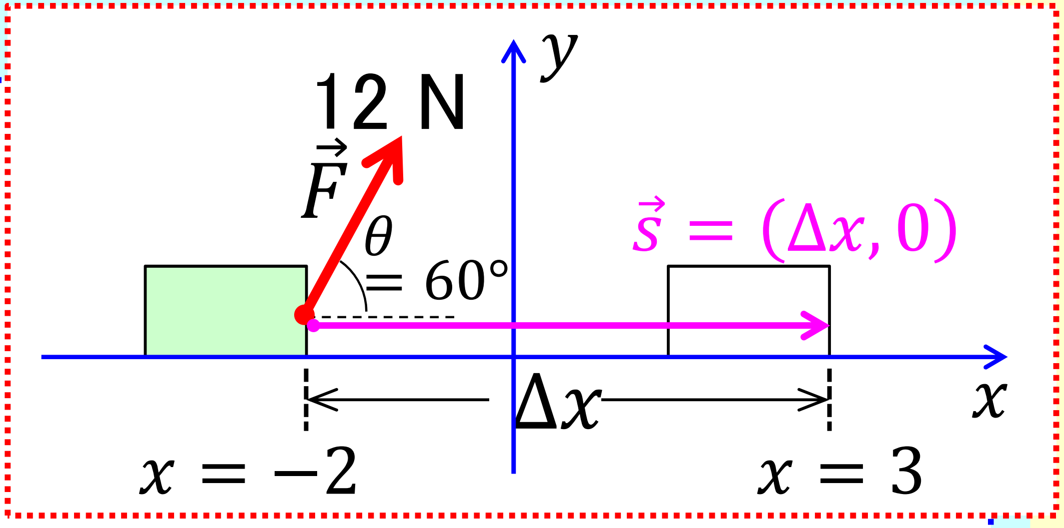
(c) 力$\vec{F}$がした仕事W_cを，定積分を用いて計算せよ。

分



(2)問題12-3

$$W = Fs\cos\theta$$
$$= 12\,[\mathrm{N}] \times 5.0\,[\mathrm{m}] \times \cos 60^\circ$$
$$= 30\ [\mathrm{J}]$$



(a) $\vec{F} = (F_x, F_y) = (F\cos\theta\,, F\sin\theta) = (6, 6\sqrt{3})\mathrm{N}$

(b) $W = \vec{F}\cdot\vec{s} = F_x \cdot \Delta x = 6[\mathrm{N}] \times 5.0[\mathrm{m}] = 30\ [\mathrm{J}]$

(c) $W_\mathrm{c} = \int_{x=-2}^{x=3} \mathrm{d}W = \int_{-2}^{3} F_x(x)\mathrm{d}x = \int_{-2}^{3} (x+8)\mathrm{d}x$

$$= \left[\frac{x^2}{2} + 8x\right]_{-2}^{3} = \left(\frac{3^2}{2} + 8\times 3\right) - \left(\frac{(-2)^2}{2} + 8\times(-2)\right)$$

$$= \{28.5 - (-14)\}[\mathrm{J}] = 42.5\ [\mathrm{J}]$$

（テキスト p.63）

(3)問題演習13　問題13-7

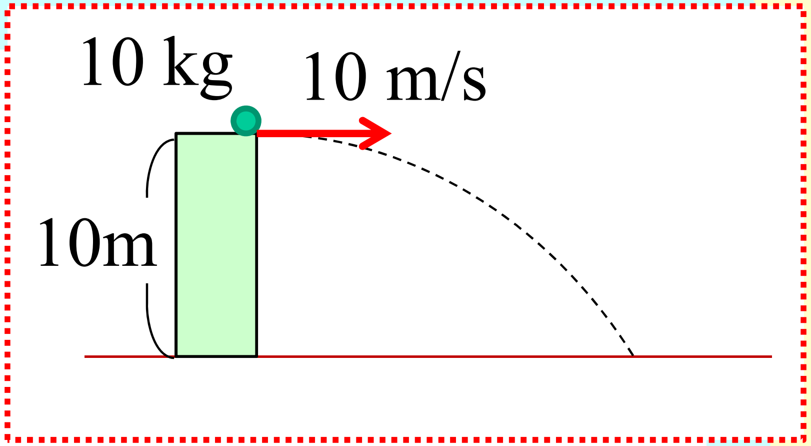
(0) この設定で，力学的エネルギー保存則が成立するかしないか，理由をつけて答えよ。

(1) 投射直後の運動エネルギー

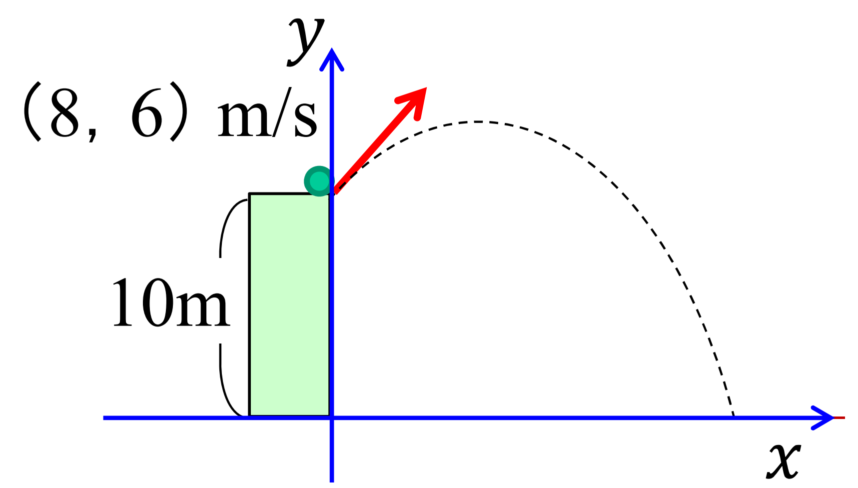
(2) 投射直後の位置エネルギー

(3) 5 mの高さを通過する時の速さv_5

(4) 地面に達する直前の速さv_0



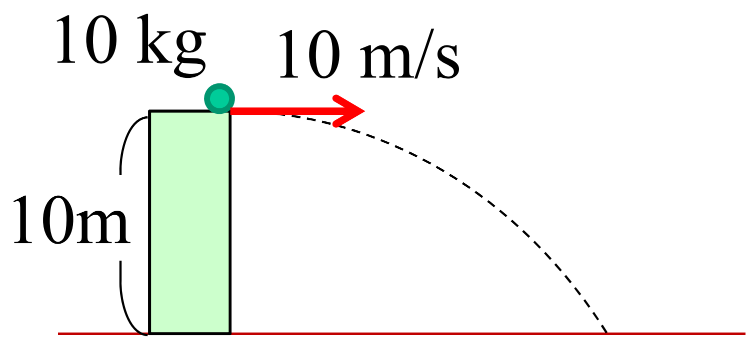
(問い) 頂点の高さy_Hは？



[illegible]分

（テキスト p.63）

(3)問題演習13　問題13-7



(0)空気抵抗が無視できるので，力学的エネルギー保存則が成立する。

(1) $\frac{1}{2}mv_{10}{}^2 = \cdots$[J]

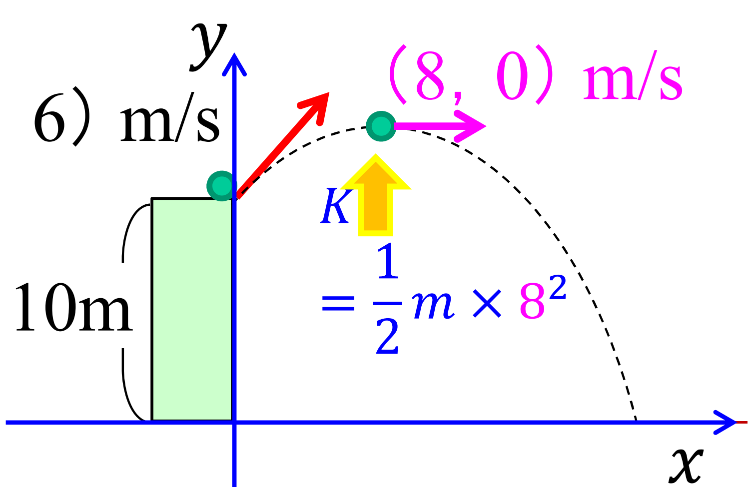
(2) $mgy_{10} = \cdots$[J]

(3) E_{10} =(1)+(2)

$$E_5 = \frac{1}{2}mv_5{}^2 + mgy_5 = E_{10}$$

(4) $E_0 = \frac{1}{2}mv_0{}^2 + 0 = E_{10}$

(問い) 頂点の高さy_{H}は？



(4)教科書にない問題(a)

(a) 斜面はなめらか。初速度ゼロで斜面上をすべり降りさせる。

a-1) 力学的エネルギー保存則が成立するかしないか，理由も。

a-2) 小物体が初めにもつ力学的エネルギーE_0を求めよ。

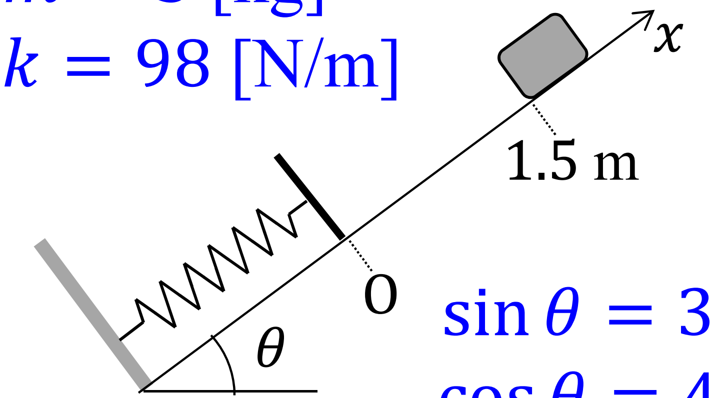
a-3) $x = 0$ の位置に到達する直前の速度v_{1x}を求めよ。

a-4) $x = 0$ に到着したあと，ばねが最も縮んだ位置 $x = x_2$ での，ばねの力による位置エネルギーU_{s2}，重力による位置エネルギーU_{g2}。E_0，U_{s2}，U_{g2}の間に成り立つ関係式を導け。

a-5) x_2を求めよ。

$m = 5$ [kg]

$k = 98$ [N/m]



$\sin\theta = 3/5$

$\cos\theta = 4/5$

分

(4)教科書にない問題(a)

a-1) 摩擦力が作用せず，垂直抗力が仕事をしないので，力学的エネルギー保存則が成立する。

a-2) $E_0 = mgh_0$
$= 5\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2}$
$\times 1.5\mathrm{m} \times \sin\theta = \cdots$

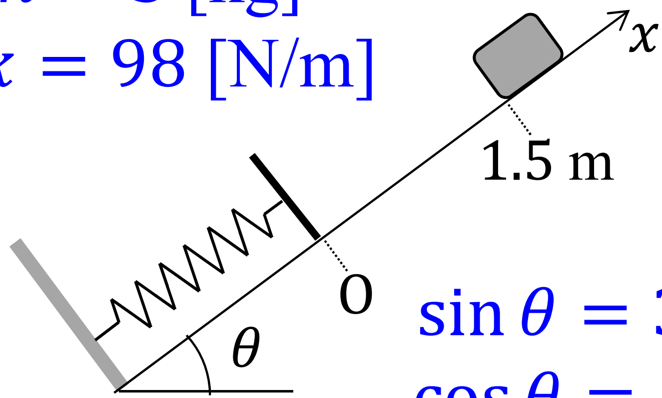
a-3)$E_0 = E_1 \quad E_1 = \dfrac{1}{2} m {v_{1x}}^2$

a-4)最も縮んだとき，$v_2 = 0$になる。$E_0 = U_{s2} + U_{g2}$

a-5) $x_2 < 0$であることに注意しながら，

$$E_0 = \frac{1}{2} k {x_2}^2 + mgx_2 \sin\theta$$ から求める。

$m = 5$ [kg]
$k = 98$ [N/m]

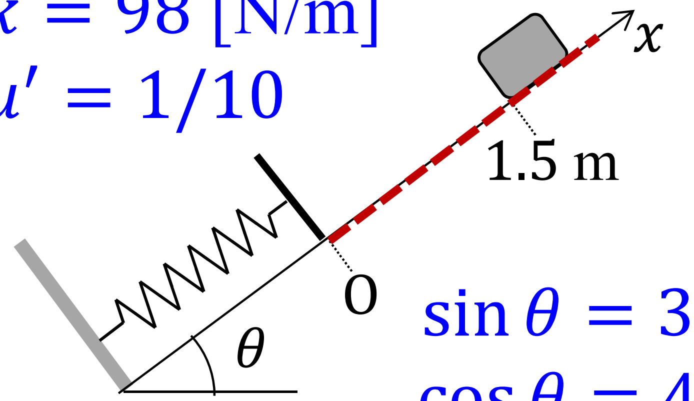


$\sin\theta = 3/5$
$\cos\theta = 4/5$

関連した（逆）問題として，テキストの問題12-9をよく学んでおくこと。

(4)教科書にない問題(b)

$m = 5$ [kg]
$k = 98$ [N/m]
$\mu' = 1/10$



$\sin\theta = 3/5$
$\cos\theta = 4/5$

(b) $x > 0$のみ摩擦あり。<u>初速度ゼロ</u>で斜面上をすべり降りさせる。

b-1) 力学的エネルギー保存則が成立するかしないか，理由も。

b-2) 小物体が初めにもつ力学的エネルギーE_0を求めよ。

b-3) $x > 0$ をすべる間の，動摩擦力の x成分 f_xを求めよ。

b-4) $x = 0$ までに，動摩擦力が与えた仕事 W_f を求めよ。

b-5) $x = 0$ の直前にもつ力学的エネルギーをE_3 とする。E_0，W_f，E_3の間に成立する関係式を導け。

b-6) $x = 0$ の直前の速度v_{3x}を求めよ。

分

(4)教科書にない問題(b)

b-1) 摩擦力が作用するので，力学的エネルギー保存則が成立しない。

b-2) $E_0 = mgh_0$
$$= 5\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2 \times 1.5\text{m} \times \sin\theta$$

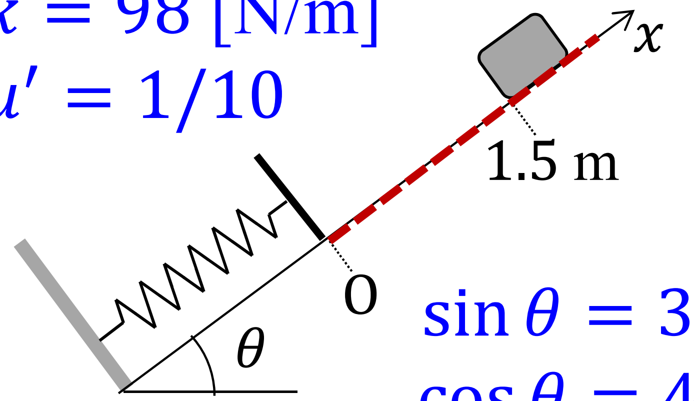
b-3) $f_x = \mu' N = \mu' mg\cos\theta$

b-4) $W_\text{f} = F_x \Delta x = (\mu' mg\cos\theta) \times (-1.5\text{ m})$

b-5) $E_3 - E_0 = W_\text{f}$

b-6) $\frac{1}{2} m{v_{3x}}^2 = E_0 - \mu' mg\cos\theta \times 1.5$

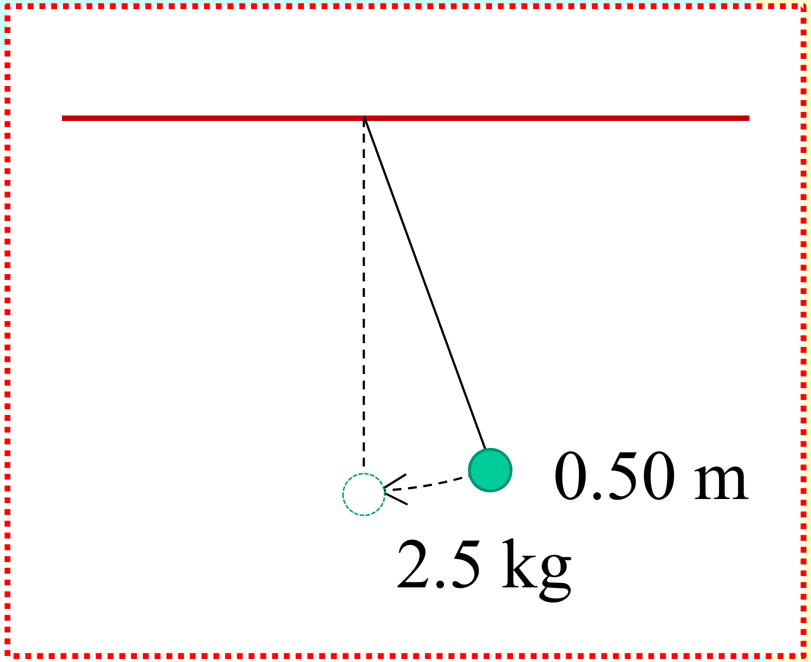
$m = 5$ [kg]
$k = 98$ [N/m]
$\mu' = 1/10$



$\sin\theta = 3/5$
$\cos\theta = 4/5$

（テキスト p.63）

(5)問題演習13　問題13-5



最下点から高さ 0.50 m のまで糸がたるまないように持ち上げ，静かに手を放す。
最下点を通過する時の速さv_0は？

空気抵抗は無視できるとする。

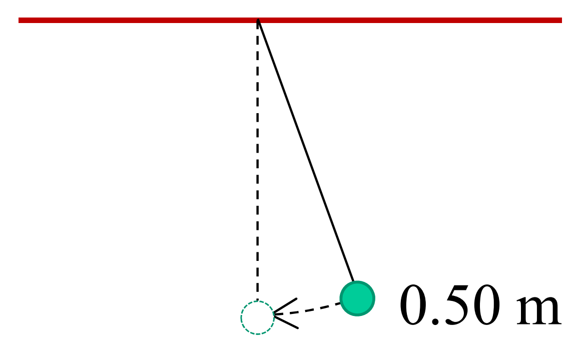
初めに，力学的エネルギー保存則が，成立するかしないか，理由をつけて答えよ。

図も描いて，物体がどんな軌道を描くかも正しく把握しながら解け。

分

（テキスト p.63）

(5)問題演習13　問題13-5



空気抵抗が無視でき，張力が仕事をしないので，力学的エネルギー保存則が成立する。

$$E_0 = E_{0.5}$$

最下点を位置エネルギーの基準とする。

手を放した直後の力学的エネルギー $E_{0.5}$

$$E_{0.5} = K_{0.5} + U_{0.5} = 0 + 2.5\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} \times 0.50\,\mathrm{m} = 12.25\ \mathrm{J}$$

最下点を通過する瞬間の力学的エネルギー E_0

$$E_0 = E_{0.5} = 12.25\ \mathrm{J}, \quad U_0 = 0\ \mathrm{J}, \quad K_0 = E_0 - U_0 = \frac{1}{2} m {v_0}^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \times 12.25\ \mathrm{J}}{2.5\,\mathrm{kg}}} = 3.1\ \mathrm{m/s}$$

(6)問題演習13　問題13-10

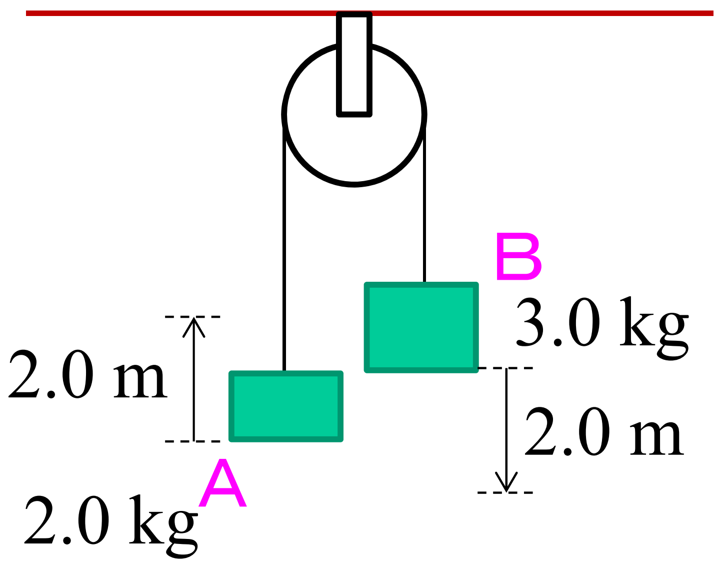
（テキスト p.64）

（物体Aの）初めの位置を重力の位置エネルギーと高さの基準とする。
（物体Bの高さをh_Bとする。）
2.0m移動した。

(1) A, Bの重力の位置エネルギーの和

(2) A, Bの速さv_2は？

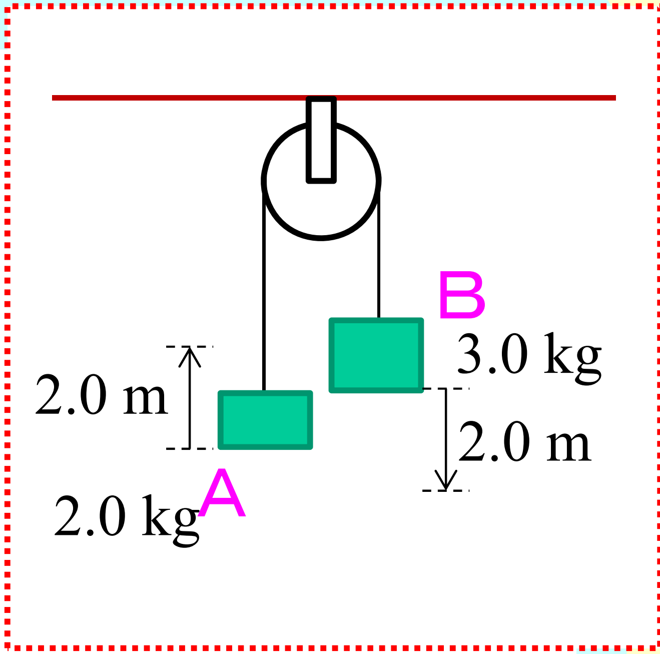
空気抵抗は無視できるとする。



[illegible]分

（テキスト p.64）

(6)問題演習13　問題13-10



(1) A, Bの重力の位置エネルギーの和

はじめの物体Aの位置を

位置エネルギーの基準とする。

はじめの状態で

$$U_{\mathrm{A0}} + U_{\mathrm{B0}} = 0 + m_{\mathrm{B}} g h_{\mathrm{B}}$$

2.0m移動した後に

$$U_{\mathrm{A2}} + U_{\mathrm{B2}}$$

$$= m_{\mathrm{A}} g \times 2[\mathrm{m}] + m_{\mathrm{B}} g(-2[\mathrm{m}] + h_{\mathrm{B}})$$

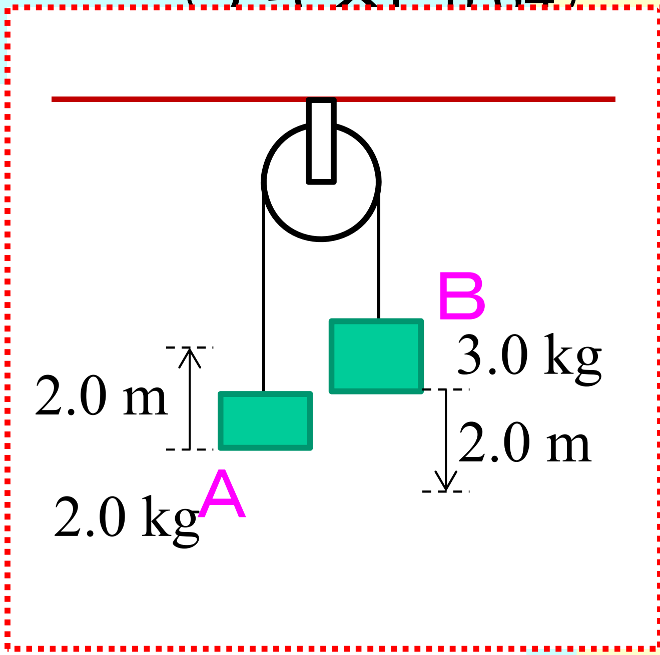
和の変化（教科書が求めている答はこれ）は,

$$\Delta(U_{\mathrm{A}} + U_{\mathrm{B}}) = m_{\mathrm{A}} g \times 2[\mathrm{m}] - m_{\mathrm{B}} g \times 2[\mathrm{m}]$$

$$= -19.6\ \mathrm{J}$$

（テキストp.64）

(6)問題演習13　問題13-10



(2) A，Bの速さv_2は？

空気抵抗が無視できる。

Aに働く張力$\vec{T}_{\mathrm{A}}$とBに働く張力$\vec{T}_{\mathrm{B}}$は大きさが等しく（大きさを Tとする），向きが逆。

$\vec{T}_{\mathrm{A}}$がする仕事：$W_{\mathrm{A}} = T \times 2[\mathrm{m}] \times \cos 0°$

$\vec{T}_{\mathrm{B}}$がする仕事：$W_{\mathrm{B}} = T \times 2[\mathrm{m}] \times \cos 180°$
$= -W_{\mathrm{A}}$

A，Bそれぞれについては，張力が仕事をするので力学的エネルギー保存則は成り立たない。

$E_{\mathrm{A2}} = E_{\mathrm{A0}} + W_{\mathrm{A}}$，　$E_{\mathrm{B2}} = E_{\mathrm{B0}} + W_{\mathrm{B}}$

しかし，$W_{\mathrm{B}} = -W_{\mathrm{A}}$ なので

$$E_{\mathrm{A2}} + E_{\mathrm{B2}} = E_{\mathrm{A0}} + W_{\mathrm{A}} + E_{\mathrm{B0}} + W_{\mathrm{B}} = E_{\mathrm{A0}} + E_{\mathrm{B0}}$$

となり，AとBの力学的エネルギーの和は保存する（変化しない）。

(6)問題演習13　問題13-10

（テキスト p.64）

(2) A, Bの速さv_2は？

AとBの力学的エネルギーの和は保存する（変化しない）。

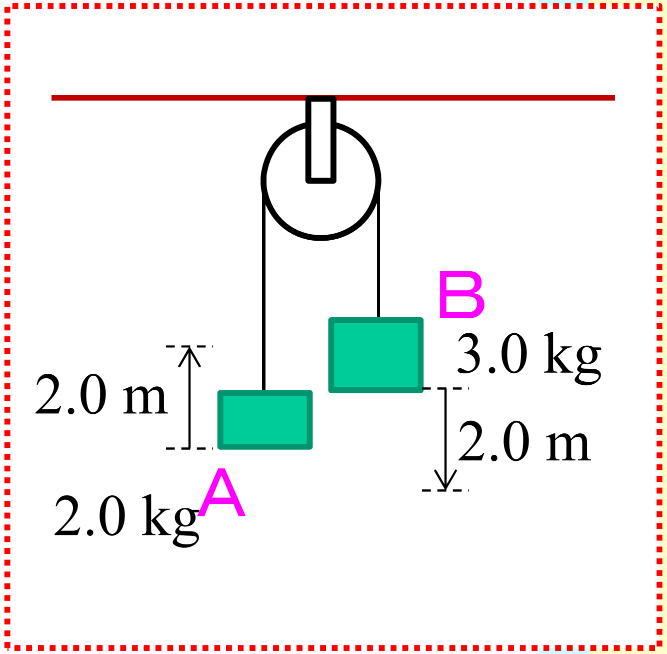
$$E_{\mathrm{A2}} + E_{\mathrm{B2}} = E_{\mathrm{A0}} + E_{\mathrm{B0}}$$
$$\Delta(E_{\mathrm{A}} + E_{\mathrm{B}}) = 0$$

運動エネルギーの和の変化は,

$$\Delta(K_{\mathrm{A}} + K_{\mathrm{B}}) + \Delta(U_{\mathrm{A}} + U_{\mathrm{B}}) = 0$$
$$K_{\mathrm{A2}} + K_{\mathrm{B2}} - 0 = -(-19.6\ \mathrm{J})$$

AとBの速さは同じv_2なので

$$\frac{1}{2}m_{\mathrm{A}}{v_2}^2 + \frac{1}{2}m_{\mathrm{B}}{v_2}^2 = 19.6\ \mathrm{J}$$
$$\therefore v_2 = \cdots$$



(7)発展的内容の問題

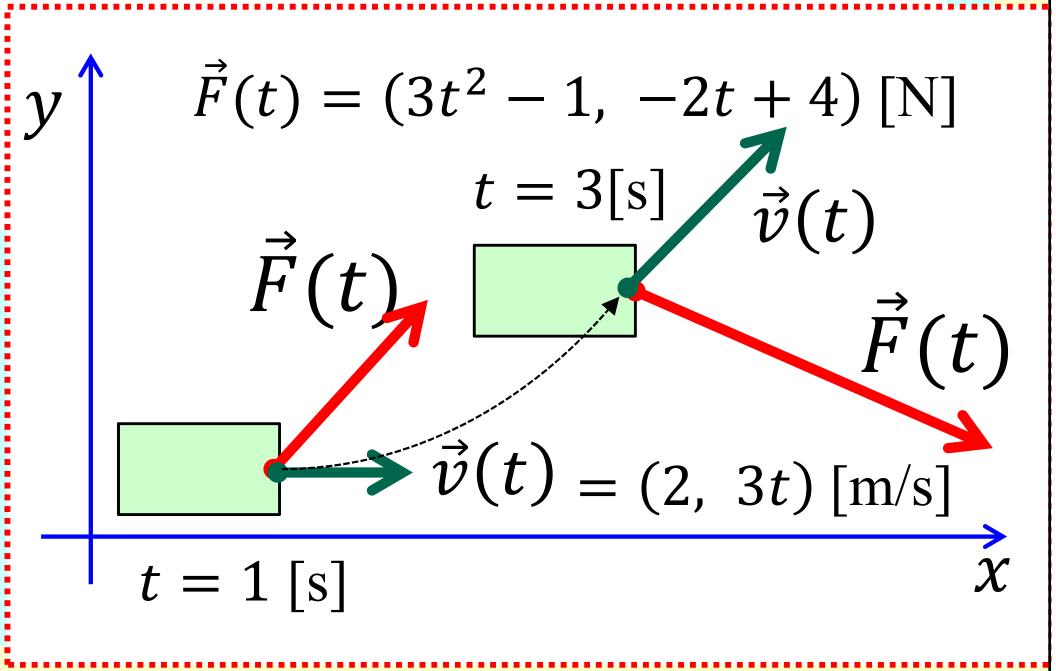
（テキスト p.57 ）

速度$\vec{v}(t) = (2,\ 3t)$ [m/s]で物体が運動する。
時刻$t = 1$ [s]→ 3 [s]の間に，物体に働く力の1つが
$\vec{F}(t) = (3t^2 - 1,\ -2t + 4)$ [N] であったとする。

(a) 時刻tで力$\vec{F}(t)$が物体に与える仕事率$P(t)$を，
　内積を用いて求めよ。

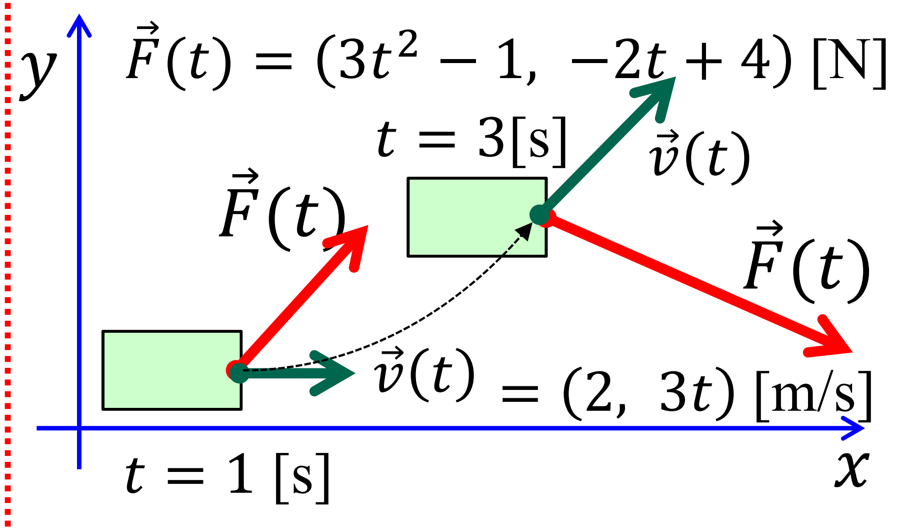
(b) 時刻$t = 1$ [s]→ 3 [s]の間に，力$\vec{F}(t)$
　が物体に与える仕事Wを，
　仕事率P(t)を時刻tについて
　定積分することで求めよ。

分



（テキスト p.57 ）

(7)発展的内容の問題



(a) $P(t) = Fds\cos\theta/dt$

$$= Fv\cos\theta$$

$$= \vec{F}\cdot\vec{v} = F_x v_x + F_y v_y$$

$$= (3t^2 - 1)\cdot 2 + (-2t + 4)\cdot 3t$$

$$= 6t^2 - 2 - 6t^2 + 12t$$

$$= 12t - 2\ [\mathrm{W}]$$

(b) $W = \displaystyle\int_{t=1}^{t=3} \mathrm{d}W = \int_1^3 P(t)\mathrm{d}t = \int_1^3 (12t - 2)\mathrm{d}t$

$$= \left[12 \times \frac{t^2}{2} - 2t\right]_1^3 = \left(\frac{3^2}{6} - 2\times 3\right) - \left(\frac{1^2}{6} - 2\times 1\right)$$

$$= \left(\frac{9}{6} - 6 - \frac{1}{6} + 2\right)\ [\mathrm{J}] = \left(\frac{4}{3} - 4\right)\ [\mathrm{J}] = -\frac{8}{3}\ \ [\mathrm{J}]$$

第6回授業　レポート課題

今回は，確認テスト1［仕事、運動エネルギー、位置エネルギー、力学的エネルギーとその保存則］へ向けて解答練習したものをレポートとします。ただしこのレポートは，確認テスト1が終了した，授業終了時に集めます。レポート用紙などを用いて，１枚目の上部に学籍番号と氏名を書く。複数枚の場合は必ずホッチキスで止めること。

＊提出方法や提出場所・期限が通常と異なるので注意せよ。

―――――――――――――――――――――――――――――――

提出：次回（第7回）授業終了時に回収

・次週の授業プリント

（これに今週のレポート課題も記してある。）

を必ず持って帰ること