

試験問題〔その2 物理・化学〕

(解答時間 1 時間 40 分)

[受験上の注意]

- 1 受験番号, 氏名等定められた事項を下欄に正確に記入してください。
- 2 問題は全部で7問(物理4問, 化学3問)あります。7問全部に解答してください。

防衛省

受験番号		大学名	
受験地		学部	
		学科	
氏名		学年	

[物 理]

【No. 1】 図 1-1 のように、滑車に糸をかけ、その一端に質量 $M = 5[\text{kg}]$ のおもり A を、他端に質量 $m = 3[\text{kg}]$ のおもり B をつるす。はじめ、おもり A は図 1-2 のように、床から高さ $h = 4[\text{m}]$ の位置にあり、おもり B は床上にある。糸の質量、滑車の摩擦および慣性モーメントは無視できるものとする。おもり A を静かに離して落下させるとき、以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度を $g = 9.8[\text{m/s}^2]$ とし、必要に応じて、 $\sqrt{9.8} \cong 3.1, \sqrt{2} \cong 1.4$ を用いてよい。

- (1) 糸の張力 $T[\text{N}]$ を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (2) おもり A が高さ $h = 4[\text{m}]$ の位置で静かに離されてから、床に着くまでにかかる時間 $t[\text{s}]$ を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (3) おもり A が床に着くとき、おもり A の速度の大きさ $v[\text{m/s}]$ を有効数字 2 桁で求めなさい。

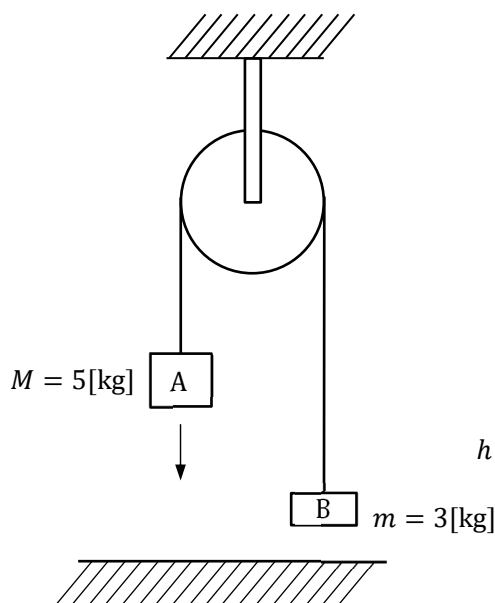


図 1-1

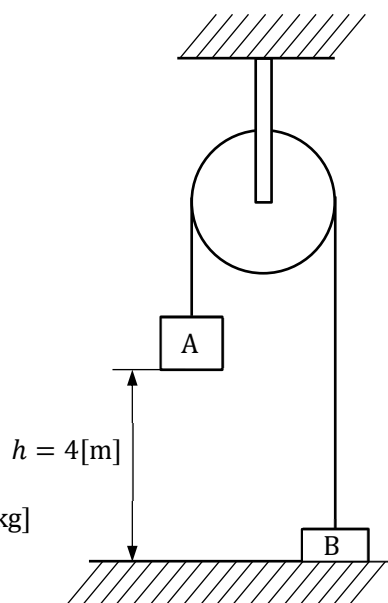


図 1-2

[解 答 欄]

No. 1	(1)	[N]
	(2)	[s]
	(3)	[m/s]

【No. 2】 図2のように、断面積 $A = 5.0 \times 10^{-2}[\text{m}^2]$ のシリンダーを鉛直に置き、内部に気体を入れて上からピストンで封じ込めた。ピストンは気密を保ちながら滑らかに動くことができる。はじめ、シリンダー内の気体の圧力は大気圧に等しく、ばねに荷重は発生していなかった。シリンダー内の気体に熱量 $Q = 4.0 \times 10^2[\text{J}]$ を加えた結果、ピストンの位置は $h = 5.0 \times 10^{-2}[\text{m}]$ 上昇し、ピストンが上昇すると同時にばねに荷重が加わった。ピストンとばねの質量は無視できるものとし、ばね定数を $k = 4.0 \times 10^4[\text{N/m}]$ 、大気圧を $P_1 = 1.0 \times 10^5[\text{N/m}^2]$ とする。以下の問いに答えなさい。

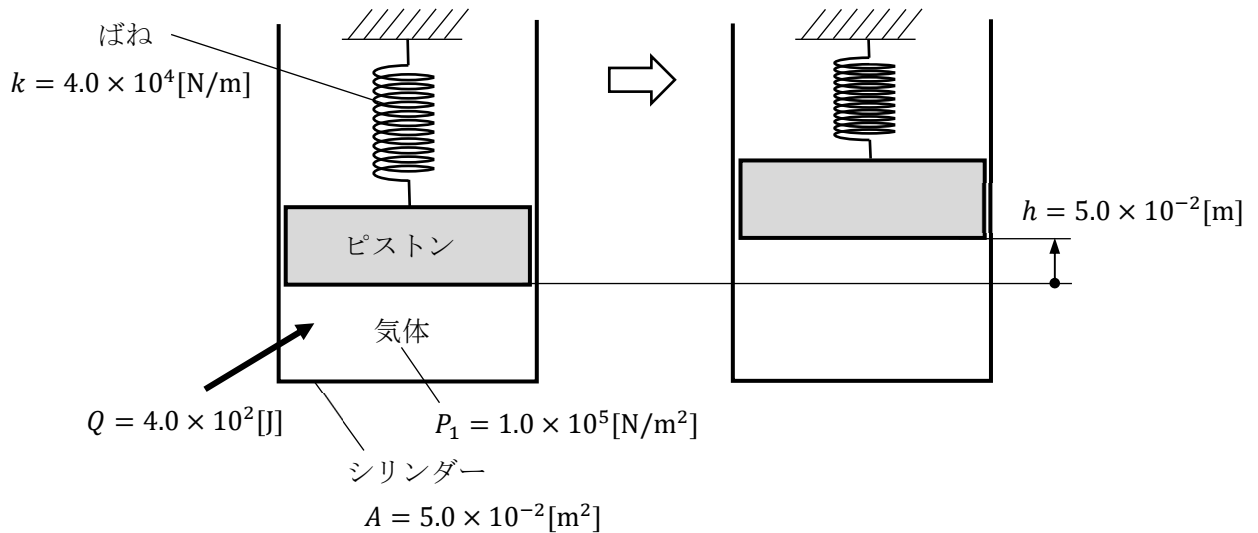


図2

- (1) ピストンが $5.0 \times 10^{-2}[\text{m}]$ 上昇したとき、シリンダー内の気体の圧力 $P_2[\text{N/m}^2]$ を有効数字2桁で求めなさい。
- (2) 気体が外部にした仕事 $L[\text{J}]$ を有効数字2桁で求めなさい。
- (3) 気体の内部エネルギーの変化 $\Delta U[\text{J}]$ を有効数字2桁で求めなさい。

〔解答欄〕

No. 2	(1)	$[\text{N/m}^2]$
	(2)	$[\text{J}]$
	(3)	$[\text{J}]$

【No. 3】 図3のように長方体の形をした貯水池の壁の水深 A [m]の点 P をほぼ真上の空気中から見ると、 P の水深は B [m]に見えた。以下の問いに答えなさい。ただし、空気の屈折率を 1 、水の屈折率を n とする。また、角度 θ がきわめて小さいとき、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ が成り立つとする。

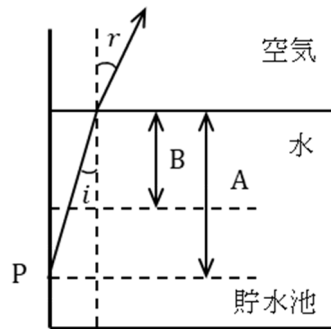


図3

- (1) 水中から空気中に進む光の入射角を i [rad] ($0 < i < \frac{\pi}{2}$) , 屈折角を r [rad] ($0 < r < \frac{\pi}{2}$) としたとき、 i , r を用いて n を表しなさい。なお、記号の順序は問わない。
- (2) $B=3.5$ [m]、水の屈折率 $n = 1.3$ であるとき、点 P の水深 A [m]を有効数字3桁で求めなさい。
- (3) 貯水池の底に光源を置いたとき、光源の光がすべて水と空気の界面で反射された。この光の入射角を C [rad] ($0 < C < \frac{\pi}{2}$) としたとき、 $\sin C$ を有効数字2桁で求めなさい。ただし、水の屈折率 $n = 1.3$ とする。

〔解答欄〕

No. 3	(1)	
	(2)	[m]
	(3)	

【No. 4】 図 4-1 のように真空中で十分に長い直線状の導線 P, Q を r [m] 離して平行に置く。導線 P に上向きに電流 I_P [A], 導線 Q にも上向きに電流 I_Q [A] を流した。以下の問いに答えなさい。ただし、真空の透磁率を μ_0 [H/m] とする。

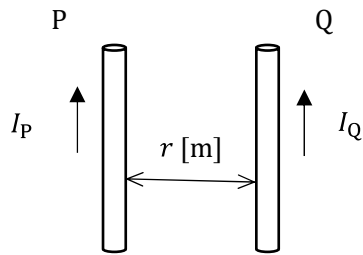


図4-1

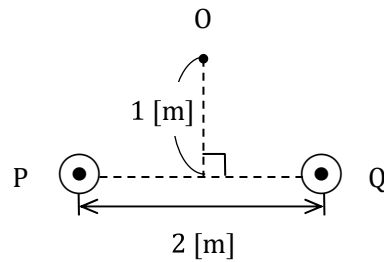


図4-2

- (1) 導線 P に流れる電流が、導線 Q の位置につくる磁束密度の大きさ B [T] を式で表しなさい。なお、記号の順序は問わない。
- (2) 導線 Q を流れる電流は、導線 P を流れる電流がつくる磁場から力を受ける。導線 Q の 1.0 [m] あたりが受ける力の向きと大きさ [N] を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、電流 I_P , 電流 I_Q は 2.0 [A], 導線 P, Q の間隔 $r = 2.0$ [m], 真空の透磁率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] とする。
- (3) 図 4-2 のように導線 P, Q に流れる電流 I [A] が同じ大きさで同じ向きに流れている。導線 P, Q の間隔 $r = 2.0$ [m] で、この中点から垂直に 1 [m] 離れた点 O での磁界の強さ H [A/m] を求めなさい。なお、記号の順序は問わない。

[解答欄]

No. 4	(1)		
	(2)	向き	大きさ [N]
	(3)	[A/m]	

[化 学]

【No. 1】 次の文章を読み、各設問に答えよ。ただし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

文章：図1のような断面積 1.0 cm^2 の U 字管の中央に水分子だけを通す半透膜を置き、左側に 2.01 g のデンプンを含む水溶液 10 mL 、右側に液面の高さが同じになるように純水を入れた。温度 300 K で十分な時間放置したところ、液面の高さの差が 3.4 cm になった。大気圧は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、デンプン水溶液の密度は常に 1.0 g/cm^3 とする。

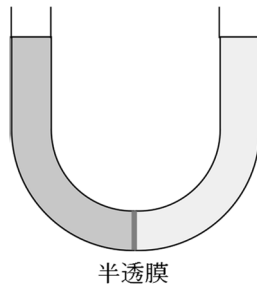


図1 U字管の構造

- (1) 液面が上昇するのは、U字管の左右どちら側であるか答えよ。
- (2) 十分に時間が経過したのちのデンプン水溶液の浸透圧[Pa]を有効数字2桁で答えよ。ただし、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ は 76.0 cm の水銀柱による圧力と等しく、水銀の密度は 13.5 g/cm^3 である。
- (3) 十分に時間が経過したのちの、デンプン水溶液の体積[mL]を有効数字3桁で答えよ。
- (4) このデンプンのモル質量が $1.0 \times 10^6 \text{ [g/mol]}$ であるとしたとき、十分に時間が経過したのちのデンプン水溶液の体積モル濃度[mol/L]を有効数字2桁で答えよ。
- (5) 溶液の温度を高くすると、左右どちらの液面が上昇するか答えよ。

[解 答 欄]

No. 1	(1)	
	(2)	Pa
	(3)	mL
	(4)	mol/L
	(5)	

【No. 2】 次の文章を読み、各設問に答えよ。

文章：中和滴定に用いられる指示薬は、その多くが弱い酸、または、弱い塩基である。酸型指示薬 HA および塩基型指示薬 BOH が、それぞれ、1 価の酸、1 価の塩基であるとする、指示薬の電離平衡は次の①,②式にて表される。



滴定中の溶液の pH に応じて、①の場合には、酸性溶液は（ア）の色を示し、塩基性溶液は（イ）の色を示す。一方、②の場合には、酸性溶液は（ウ）の色を示し、塩基性溶液は（エ）の色を示す。

- (1) (ア)～(エ)に当てはまるものを、①,②式中の分子またはイオンから選びなさい。
- (2) 酸型指示薬 HA に対する電離平衡①の平衡定数 K_a を、HA, H^+ , A^- の濃度 $[\text{HA}]$, $[\text{H}^+]$, $[\text{A}^-]$ を用いて表しなさい。
- (3) 平衡①にある溶液の pH を K_a , $[\text{HA}]$, $[\text{A}^-]$ を用いて表しなさい。
- (4) メチルオレンジは酸性指示薬であり、その変色域はおおよそ pH3.0～4.4 である。変色域の中間値を、HA の濃度と A^- の濃度が等しくなる点として、平衡定数 K_a を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 $10^{0.3}=2.00$ とする。

[解答欄]

No. 2	(1)	ア:
		イ:
		ウ:
		エ:
	(2)	
	(3)	
	(4)	

【No. 3】 次の文章を読み、各設問に答えよ。

文章：炭素原子間の結合が自由に回転できないために生じる立体異性体を（ア）異性体という。（ア）異性体は、二重結合を持つ化合物などにみられる。（ア）異性体のうち、炭素原子間の結合をはさみ、同種の原子や原子団が同じ側に位置するものをシス形、反対側に位置するものをトランス形という。

4つの異なる原子、原子団が結合している炭素原子を（イ）という。（イ）を持つ分子には、右手と左手、または鏡に対する実像と鏡像の関係にある2つの異性体が存在している。このような立体異性体を（ウ）異性体という。

(1) 空欄（ア）～（ウ）に当てはまる語句を答えよ。

(2) フマル酸とマレイン酸は、どちらも分子式 $C_4H_4O_4$ で表される2価のカルボン酸であり、フマル酸はトランス形、マレイン酸はシス形である。それぞれの構造式を示せ。

(3) 分子式 C_6H_{10} で表される直鎖状の化合物には、図3-1に示す2,4-ヘキサジエンがある。この化合物には、（ア）異性体が存在する。考えられる（ア）異性体の構造式3つをすべて示せ。

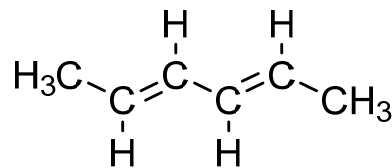


図3-1 2,4-ヘキサジエンの構造式

(4) L-グルタミン酸の構造式を図3-2に示す。L-グルタミン酸と（ウ）異性体関係にあるD-グルタミン酸の構造式を図にならって示せ。

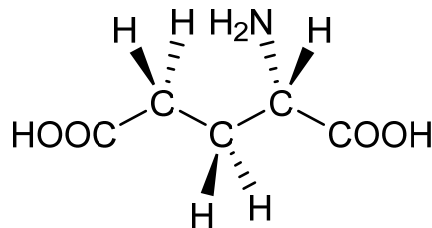


図3-2 L-グルタミン酸の構造式

[解答欄]

No. 3	(1)	ア:
		イ:
		ウ:
	(2)	
	(3)	
	(4)	