

デザイン工学部A方式I日程・理工学部A方式I日程
生命科学部A方式I日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～15
生 物	16～21

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. **生物**は生命科学部(生命機能学科生命機能学専修)を志望する受験生のみ選択できる。デザイン工学部(都市環境デザイン工学科・システムデザイン学科)、理工学部(機械工学科機械工学専修・応用情報工学科)を志望する受験生は選択できない。
4. 試験開始後の科目の変更は認めない。

(物 理)

注意1. 解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。

注意2. 解答を導くために必要な式も解答用紙に書いておくこと。

[I] つぎの文の に入れるべき式を解答欄に記入せよ。

長さ l 、断面積 S の太さが一定で一様な導線中に電気量 $-e$ の自由電子が単位体積あたり n 個あるものとする。この導線の両端に電圧 E をかけたとき、導線内部に一様な電場が生じるとすると、その電場の強さは 1 となる。

1 個の自由電子は、電場と逆向きに大きさ 2 の力を受ける。これとつり合う抵抗力の大きさは、速さ v に比例すると仮定し、 kv (k は比例定数) とおけば、速さ v を k, E, l, e で表すと、 3 となる。

導線を通る電流 I は、断面積 S を単位時間に通過する電気量であるから、 $I = envS$ である。したがって電流 I は、 k, E, l, e, S, n を用いて表すと、 4 となり、電流 I が電圧 E に比例するオームの法則がなりたっていることがわかる。このことから導線の電気抵抗を k, l, e, S, n で表すと、 5 となる。

この速さ v で電場中を移動する自由電子の運動エネルギーは、抵抗力に打ち勝って進むのに必要なエネルギーとして使われ、最終的に熱に変わる。

速さ v の 1 個の自由電子が単位時間あたりに電場からされる仕事を、 e, E, l, v で表すと 6 となる。導体内の自由電子の総数は nS なので、全自由電子が単位時間あたりにされる仕事を n, S, e, E, v で表すと 7 となる。この仕事により発生する熱をジュール熱と呼ぶ。

(白 紙)

〔Ⅱ〕 図2に示すように、人工衛星が地球の周りを矢印の方向に等速円運動をしている。人工衛星は振動数 f_0 の電波を発信しており、軌道面内にある地上でその電波を受信している。電波の振動数を測定し、その電波が到来した方向を調べることにより、人工衛星の速さを求めることができる。光速(電波の伝わる速さ)を c 、地球の半径を R 、地上での重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。ただし、地球の自転と大気の影響は無視する。

人工衛星の速さ v と、その軌道半径 r の関係を求めよう。ただし、人工衛星の質量を m 、地球の質量を M 、万有引力定数を G とする。

- (a) 人工衛星は等速円運動していることから、人工衛星と共に回転する座標系では人工衛星にはたらく遠心力と万有引力は釣り合う。釣り合いの式から r を M 、 G および v を用いて表せ。
- (b) 地上にある人工衛星と同じ質量 m の質点にはたらく万有引力と重力の関係から M を G 、 g および R を用いて表せ。
- (c) (a)、(b)の結果から r を g 、 R および v を用いて表せ。

軌道上の点Sで人工衛星から発信された電波を点Pで受信する。このとき、点Pにおける人工衛星の仰角(地平線から人工衛星を見上げる角)を θ とし、人工衛星の速度のSP方向の成分 v' および受信される電波の振動数 f の関係を求めよう。なお、電波も音と同様に波の性質を持っていると考えてよい。

- (d) f を f_0 、 v' および c を用いて表せ。
- (e) $\angle PSO = \alpha$ として、 v' を v および α を用いて表せ。
- (f) 三角形OPSについての正弦定理 $\frac{R}{\sin(\angle PSO)} = \frac{r}{\sin(\angle OPS)}$ を用いることにより、 v' を r 、 R 、 v および $\cos \theta$ を用いて表せ。

これらを踏まえて人工衛星の速さ v と受信される電波の振動数 f および人工衛星の仰角 θ との関係を求めよう。

(g) (c), (d), (f)の結果から v' および r を消去することにより, v を $f_0, f, \cos \theta, R, g$ および c を用いて表せ。

この式より, R, g および c の値はよく知られているので, f と θ の値がわかれば, 人工衛星の速さ v を求めることができる。

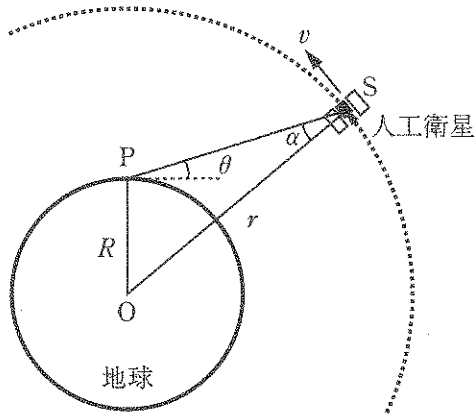


図 2

〔Ⅲ〕 つぎの文の に入れるべき式を解答欄に記入せよ。

図3-1のように、断面積 S の円筒のシリンダーが大気圧 P_0 中に鉛直に固定されている。シリンダー内には、なめらかに動く質量 m のピストンにより、1モルの単原子分子の理想気体Aが閉じ込められている。ピストンの上面は大気に接している。シリンダーとピストンは断熱材でできており、また、シリンダー内には加熱器が取り付けられている。理想気体の気体定数を R 、重力加速度の大きさを g とする。

はじめに図3-1の状態ではピストンが静止している。このときのAの圧力は P_1 、体積は V_1 、温度は T_1 であり、このAの状態を状態1とする。 P_1 を g 、 m 、 P_0 、 S で表すと (1) となり、 T_1 を P_1 、 V_1 、 R で表すと (2) となる。つぎに、Aに熱量 Q をゆっくりと加えると、ピストンが h だけ上昇し、Aの温度は T_2 になった。 T_2 を h 、 P_1 、 R 、 S 、 T_1 で表すと (3) となる。また、この過程でAが外部にした仕事を h 、 P_1 、 S で表すと (4) 、 Q を h 、 P_1 、 S で表すと (5) となる。

つぎにAの状態を状態1にもどし、その状態を維持したまま図3-2のように、質量の無視できるばね定数 k のばねをピストンとシリンダーの上部に、自然の長さの状態に固定した。この状態からAに熱量 Q をゆっくりと加えると、ピストンが H だけ上昇した。このときのAの圧力は P_3 であった。 P_3 を k 、 H 、 P_1 、 S で表すと (6) となる。また、この過程でAが外部にした仕事は、「ピストンの上面に作用する大気圧にさからってした仕事 W_a 」と「ピストンに作用する重力にさからってした仕事 W_b 」および「ばねを縮めるのにした仕事 W_c 」の和で表される。 $W_a + W_b$ を g 、 m 、 P_0 、 S 、 H で表すと (7) 、 W_c を k 、 H で表すと (8) となる。

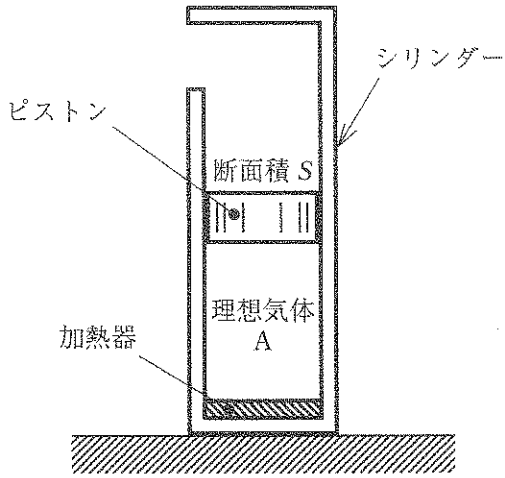


図 3 - 1

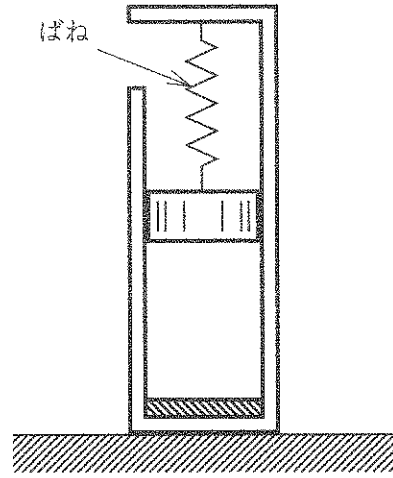


図 3 - 2

[IV] 図4に示すように、 x - y 座標系の原点を初期位置とする、質量 m の小球 A, B, C を用いて以下の3つの実験を同時に開始した。

実験1

重力加速度の大きさが g である空間において、じゅうぶんに長い傾き 30° のなめらかな斜面に小球 A をおき、静かに手をはなした。

実験2

重力加速度の大きさが g である空間において、なめらかでじゅうぶんに長い水平の台の上に小球 B がおかれている。質量の無視できる細長いひもを用い、なめらかな定滑車を介して小球 B に質量 m の重りを取り付け、静かに手をはなした。

実験3

重力加速度の大きさが $\frac{1}{2}g$ である空間において、小球 C を右斜め 45° 上方に打ち上げた。小球 C の高さが最大となる位置の x - y 座標は $(2H, H)$ であった。

以下の各問いに答えよ。ただし、小球の種類を問われているものについては、A, B, C を用いて、それ以外については、 m, g, H のなかから必要なものを用いて答えよ。

- (イ) 実験を開始してから小球 C の高さが最高点に達するまでに、小球 A が斜面に沿って移動した距離を求めよ。
- (ロ) 実験を開始してから、位置の x 座標値が最初に $2H$ となる小球は、A, B, C のどれか。また、そのときのその小球の水平方向の速さを求めよ。

- (イ) 実験を開始してから、すべての小球の運動エネルギーが最初に等しくなるとき、以下の距離および位置を求めよ。
- (1) 原点から小球 A までの斜面に沿った距離
 - (2) 小球 B の x 座標値
 - (3) 小球 C の y 座標値
- (ニ) 各小球の x 座標値が $4H$ となる瞬間の運動エネルギーを求めたとき、2 番目に大きい運動エネルギーを持つ小球は、A, B, C のどれか。また、そのときの運動エネルギーを求めよ。

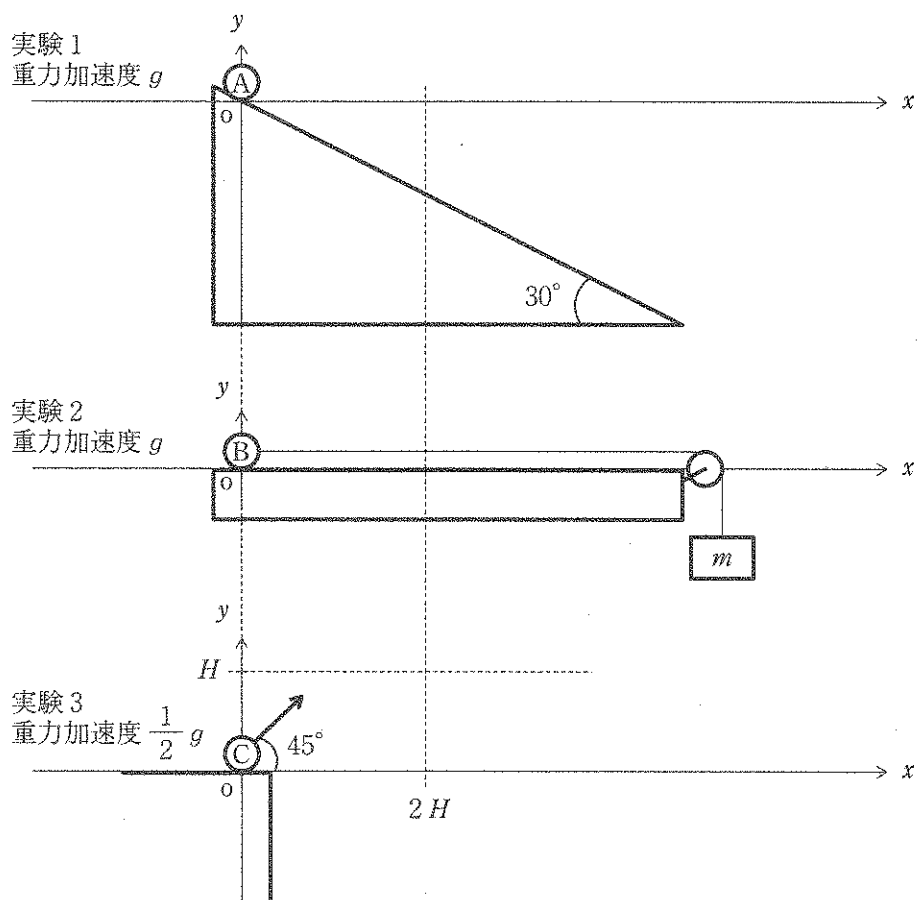


図 4