

2014年度 入学試験問題

物理 化学 生物

物	理	……………	1～7ページ
化	学	……………	9～20ページ
生	物	……………	23～40ページ

注意

(1) 受験者は以下の要領で解答すること。

学 部	学 科	解答する科目
理工学部	電気工学科	物理を解答すること。 (化学・生物は解答できない。 解答しても答案は無効となる。)
	電子工学科	
	機械システム工学科	
	エネルギー機械工学科	
	インテリジェント情報工学科	物理・化学・生物から1科目を 選択し、解答すること。 (2科目以上を選択した場合は、 全ての答案は無効となる。)
	情報システムデザイン学科	
	機能分子・生命化学科	
	化学システム創成工学科	
	環境システム学科	
数理システム学科		

(2) 配付する解答用紙は、各科目2枚ずつ合計6枚がセットされた冊子体となっている。

物理が必修である理工学部電気工学科、電子工学科、機械システム工学科、エネルギー機械工学科は、試験開始前に化学、生物の解答用紙4枚を回収する。

物理・化学・生物から1科目を選択して解答する理工学部インテリジェント情報工学科、情報システムデザイン学科、機能分子・生命化学科、化学システム創成工学科、環境システム学科、数理システム学科は、試験開始30分後に、選択しなかった科目の解答用紙4枚を回収する。なお、回収後は科目の変更はできない。

(3) 解答用紙には、それぞれ受験番号の記入欄がある。

物 理……(一)の表面に2か所、(二)の表面に3か所、
計5か所

化 学……(一)の表面に2か所、(一)の裏面に1か所、(二)の表面に2か所、
計5か所

生 物……(一)の表面に2か所、(一)の裏面に1か所、(二)の表面に2か所、
計5か所

各か所とも正確、明瞭に記入すること。

(4) 解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。

(5) 問題用紙の余白は計算に使用してもよい。

(6) 問題用紙を切り離して使用してはならない。

(7) 試験開始後、問題用紙に落丁・損傷がないか確認すること。

(8) 試験終了後、問題用紙は各自持ち帰ること。

余 白

物 理

〔I〕 次の文中の空欄（ア）～（ケ）にあてはまる式または数値を解答用紙（一）の該当する欄に記入せよ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

図1のように、水平な台の上に、上面がV字形をしたブロック P が固定されている。P の上面 ABCDE はなめらかであり、AB と DE は水平面との角度が 60° の斜面である。斜面 AB, DE は最下点 C を介してなめらかにつながっている。台の上面に沿って右方向に x 軸をとり、鉛直上向きに y 軸をとる。点 D から高さ h の位置にある斜面 DE 上の点 F に質量 m の小球 Q をのせて静かに手をはなすと、Q は斜面 DE をすべり落ち始めた。このとき、Q が P から受ける垂直抗力の大きさは となる。Q が点 F から D に達するまでに要する時間は であり、点 D を通過するときの Q の速さは である。点 C と D の高さの差 dh は非常に小さいので $h + dh \approx h$ と近似すると、Q が点 D と点 C を通過するときの速さは同じであるが、運動の向きは異なっている。これは Q が P から力積を受けるためである。点 D と C の間を通過する間に Q が受ける力積の x 成分は である。

次に、図2のようにブロック P の下面に小さな車輪を付け、P が台の上を摩擦を受けることなく動くようにする。小球 Q の質量は m で、P の質量は Q の α 倍である。P を台の上で静止させ、点 F に Q をのせて静かに手をはなすと、P は台の上を右向きにすべり始め、Q は P の斜面上を左向きにすべり落ち始めた。Q が点 D に達するまで P と Q はそれぞれ一定の加速度で運動する。このときの Q の加速度の x 成分の大きさは P の加速度の大きさの 倍である。動いている P の 60° の斜面 DE を Q がすべり落ちていることより、Q の速度の y 成分の大きさは、Q の速度の x 成分の大きさの 倍となる。Q が点 D に達したとき、P が最初の位置から動いた距離は である。

小球 Q が F からすべり始めて D に達した後で点 C を通過し、その後斜面 AB をすべり上がる。斜面 AB で最高点に達すると、そこから斜面 AB をすべり落ちて点 C に戻り、再び斜面 DE をすべり上がって点 F に達する。この運動ではブロック P も同時に動いており、2つの物体 P と Q 全体の重心は振動運動している。この振動する全体の重心の y 座標の

最大値と最小値の差は である。Q が斜面 DE 上を点 F から点 D まですべり落ちるとき、全体の重心の x 座標の変位は である。

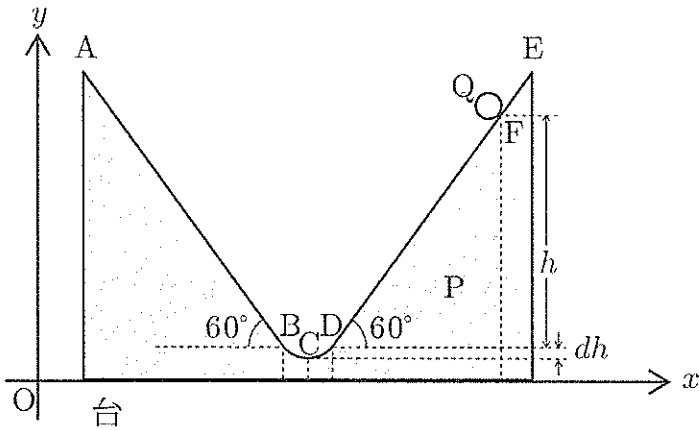


図 1

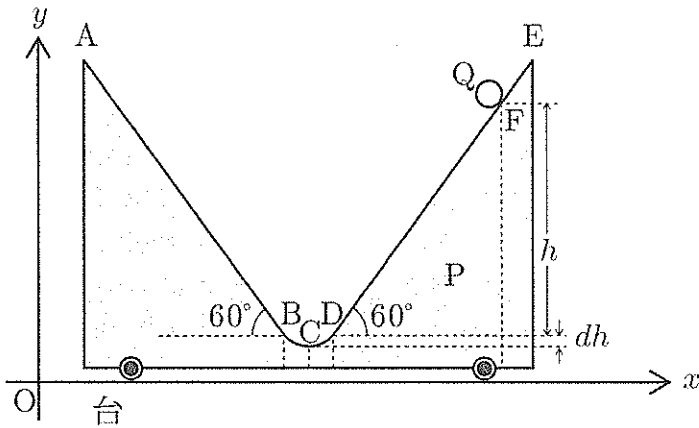


図 2

〔Ⅱ〕 次の文中の空欄 (ア) ~ (コ) にあてはまる式または数値を解答用紙 (一) の該当する欄に記入せよ。

ラジオは電波の電界をアンテナで微弱な電圧として受信し、これを変圧器を通して大きくした上で特定の周波数の交流電圧を取り出し、さらに電氣的な処理を加えて音声信号に復元する。図1はアンテナで受信した微弱な電圧を変圧器で大きくする部分を示している。断面積 S [m²], 透磁率 μ [N/A²] の鉄しんに巻き付けた巻数 N_1 , 長さ l [m] のソレノイドをアンテナ側の1次コイル L_1 とし, 同じ鉄しんに巻き付けた巻数 N_2 のソレノイドを2次コイル L_2 とする。 L_1 に電流 I [A] を流したとき, L_1 の内部の磁場の強さは [A/m] である。これより, L_1 の自己インダクタンスは [H] であることが分かる。磁束が鉄しんからもれないとすると, 2つのコイルの相互インダクタンスは [H] であり, L_1 に交流電圧をかけたときの L_2 に生じる電圧は L_1 の電圧の 倍となる。

次に, 特定の周波数の交流電圧を取り出すのに用いられる可変コンデンサーについて考える。図2に示す可変コンデンサーは, 間隔 d [m] で平行に置いた2枚の半円形の極板で, 1枚を固定してもう1枚を回転させ, 向かい合う扇形部分の面積を変えて電気容量を変えることができる。この可変コンデンサーでは向かい合う扇形部分の端の効果は無視できるとし, 平行板コンデンサーと考える。図2のように2枚の極板の向かい合う扇形の中心角を θ [rad] とする。 $\theta = \frac{\pi}{2}$ rad のとき, 向かい合う扇形は $\frac{1}{4}$ 円となる。このときの扇形の面積を $\frac{S}{4}$ [m²], 電気容量を C [F] とすると, 極板間の誘電率は [F/m] と表される。極板を回転させて, 2枚の極板の向かい合う扇形の中心角の大きさ θ を $0 < \theta < \pi$ の範囲で変化させると, 電気容量は θ に依存して変化し, [F] となる。

実際の可変コンデンサーでは, 図3のように複数の極板が交互に配置されている。図3は図2のコンデンサーと同じ極板を10枚用いたコンデンサーである。このコンデンサーでは奇数番目の5枚の極板と偶数番目の5枚の極板がそれぞれ導線でつながれて1組となっている。また, これ

らの極板は隣合う極板との間隔が d となるように交互に配置され、1組は固定されていて、もう1組は5枚が1体となって回転できる。図4にこのコンデンサーに電圧 E [V] の直流電源を接続して充電したときの様子を単純化して示す。両極板の向かい合う扇形の中心角の大きさが $\frac{\pi}{2}$ であるとする、図4の右から4番目の極板 P に蓄えられている電荷は (キ) [C] である。このコンデンサーの最大電気容量は、図2のような2枚の極板からなるコンデンサーの最大電気容量の (ク) 倍となる。

図5のように、交流電源に抵抗 R 、コイル L_2 、可変コンデンサー C を直列に接続した回路を考える。交流電源の周波数を f_0 [Hz]、 L_2 の自己インダクタンスを L_2 [H] とすると、 L_2 のリアクタンスは (ケ) $[\Omega]$ である。この回路の共振周波数は、電源や抵抗が入っていても、 L_2 と C だけの直列回路の場合と同じと考えることにする。周波数 f_0 の信号に対して回路に流れる電流が最大となるようにするには、 C の電気容量を (コ) [F] とすればよい。このように C を調節することで、特定の周波数の交流電圧を取り出すことができる。

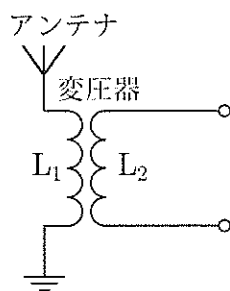


図 1

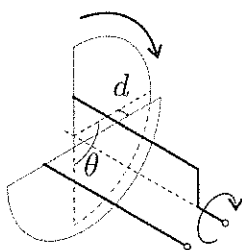


図 2

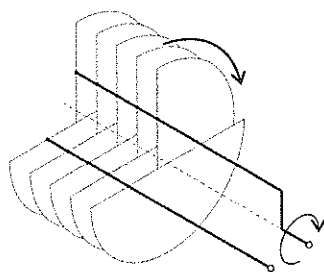


図 3

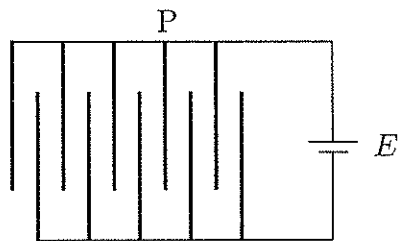


図 4

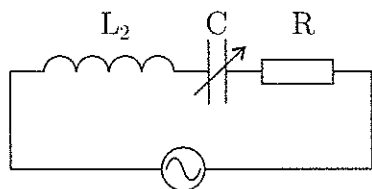


図 5

〔Ⅲ〕 次の文中の空欄（ア）～（キ）にあてはまる式を解答用紙（二）の該当する欄に記入せよ。また、文中の空欄（a）にあてはまるグラフを解答群から選び、その番号を解答用紙（二）の該当する欄に記入せよ。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

図1のように、断面積 S [m²] の軽いピストンとシリンダーからなる容器内に気体 A が閉じこめられており、ピストンの上には質量 M [kg] の物体 B が置かれている。シリンダーの側壁とピストンは断熱材でできているが、シリンダーの底面を通して A を加熱、あるいは冷却することができる。シリンダーの内側には2つの高さに小さな突起があり、ピストンはこれらの突起の間だけをなめらかに動くことができる。ピストンが下の突起に接しているとき、容器底面からピストンまでの高さは H [m] で、そこからピストンが h [m] 上昇すると上の突起で止まる。図1に示す最初の状態では、A の圧力は大気圧 p_0 [Pa] に等しく、温度は T_0 [K] で、ピストンは下の突起に接する高さで静止している。

気体 A を一定の割合 P [W] で加熱する。しばらくすると、ピストンはゆっくりと上昇しはじめた。加熱開始から上昇し始める直前までの間に A が得た熱量を Q [J] とすると、この間の A の内部エネルギーの増加は （ア） [J] であり、かかった時間は （イ） [s] であった。この間の A の温度と圧力の変化の間の関係を図2に実線で示す。上昇し始める直前の A の圧力は （ウ） [Pa] であり、温度は （エ） [K] である。図3に示すように、ピストンが上の突起に達するまで A への加熱を続けた。上昇し始めてから上の突起に達するまでの間に、A が外部にした仕事は （オ） [J] である。

ピストンが上の突起に達した時点で気体 A への加熱を止めて、ピストンから物体 B を取り除き、今度は、逆に冷却して、A から一定の割合で熱を奪いはじめた。しばらくすると、ピストンはゆっくりと下降しはじめた。熱を奪いはじめてから下降し始める直前までの間の A の温度と圧力の変化の間の関係をグラフに表すと、解答群に示した (1)~(12) の直線の中の （a） となる。下降し始める直前の A の温度は （カ） [K] である。ピストンはゆっくりと下降し、下の突起に達した時点で A を冷却するのを止めた。このときの A の状態は、圧力 p_0 、温度 T_0 で図1に

示す最初の状態と同じである。この一連の変化の間で、加熱によりAが得た熱量は冷却によりAが失った熱量よりも (キ) [J] だけ多い。

解答群

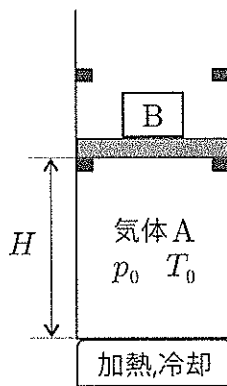
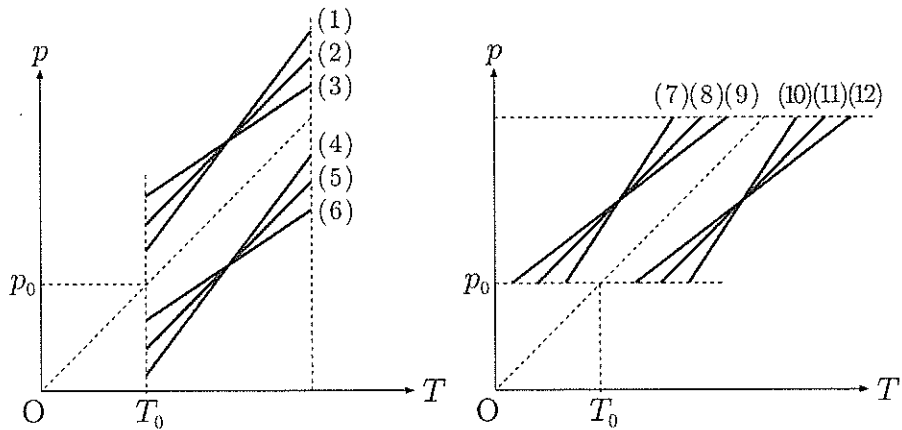


図 1

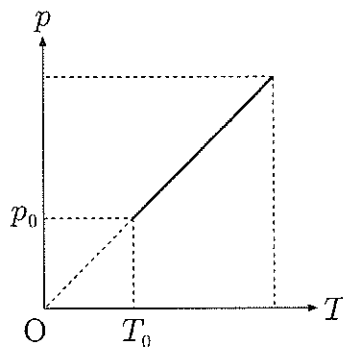


図 2

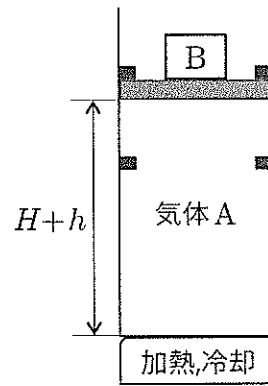


図 3

余 白