平成２４年度国立高等専門学校学習到達度試験

物　　理　（９０分）

（注意事項）

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
　（注意事項が裏表紙に続いています。問題冊子を開かずに裏返して読んでいてください。）

2　この試験における各個人の識別は，学校・学科番号と個人番号で行います。試験実施にあたり在籍校から示された学校・学科番号と個人番号を次の欄に記入してください。

学校・学科番号	個人番号

↑　　↑

学校から示された学校・学科番号と個人番号を記入してください。

3　試験時間は９０分です。
　試験中は退室を認めません。試験中の発病またはトイレ等やむを得ない場合には，手を挙げて監督者の指示に従ってください。

4　出題学習領域は次のとおりです。
　各出題学習領域のうち，在籍校から，解答する必要のない旨の指示があった学習領域については解答する必要はありません。なお，解答する必要のない学習領域について解答した場合も採点を行い結果を通知します。
　また，解答すべき学習領域が分らない場合は，手を挙げて監督者に申し出てください。

学習領域	配点	問題冊子	解答用紙
§１　変位・速度・加速度	50	２頁～３頁	第１面
§２　力の性質と運動方程式	50	４頁～５頁	
§３　力学的エネルギー・運動量	50	６頁～７頁	
§４　円運動・単振動・万有引力	50	８頁～９頁	
§５　熱	50	10頁～11頁	
§６　波動	50	12頁～13頁	第２面
§７　電気	50	14頁～15頁	
§８　磁気	50	16頁～17頁	
§９　微分積分を用いた力学	50	18頁～19頁	

5　解答には，必ず「Ｈ，Ｆ，ＨＢのいずれかの黒鉛筆」，「プラスチック製の消しゴム」を使用してください。

6　定規，ものさし，コンパスおよび分度器は使用できません。

（裏表紙に続く）

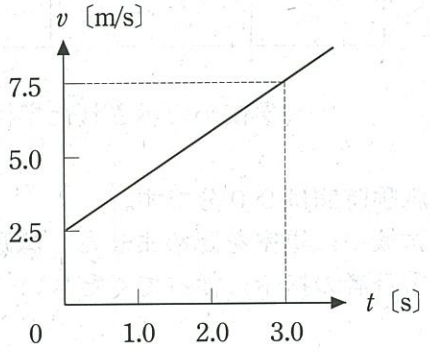
§1　変位・速度・加速度

1　直線運動に関して，次の問いに答えよ。

(1)　速さ 36 km/h で正の向きに走っていた自動車が，一定の加速度でブレーキをかけて 5.0 s 後に静止した。この自動車の加速度は [ア] [イ]. [ウ] m/s^2 である。[ア] には＋－のいずれかを，[イ] および [ウ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(2)　原点で静止していた物体が，x 軸上で等加速度運動を始めて，x = 5.4 m に達したときに速度が 3.6 m/s になった。この物体の加速度は [エ] [オ]. [カ] m/s^2 である。[エ] には＋－のいずれかを，[オ] および [カ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(3)　図の v－t グラフで表される運動の加速度は，有効数字 2 桁で表すと [キ] [ク]. [ケ] m/s^2 である。[キ] には＋－のいずれかを，[ク] および [ケ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)



(4)　直線上を速度 1.2 m/s で歩いている A 君を，自転車に乗った B 君が速度 7.0 m/s で追いかけた。A 君に対する B 君の相対速度は [コ] [サ]. [シ] m/s である。[コ] には＋－のいずれかを，[サ] および [シ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

2　高さ 4.9 m の建物の屋上からボールを水平方向に 9.8 m/s の初速度で投げた。このボールの運動について，次の各問いに答えよ。ただし，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし，空気抵抗は無視できるものとする。

(1)　ボールが地面に着くのは，投げてから ア. イ s 後である。ア および イ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

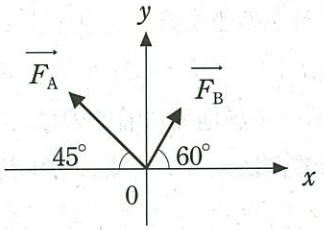
(2)　地面に着くまでに，ボールは水平方向に ウ. エ m 進んだ。ウ および エ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

(3)　地面に着く瞬間のボールの速さは，有効数字 2 桁で表すと オ カ m/s である。オ および カ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

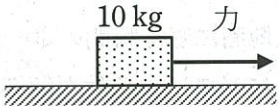
§2　力の性質と運動方程式

1　次の各問いに答えよ。

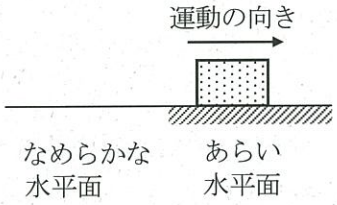
(1)　図のように，x－y 平面上の原点に置かれた質点に，大きさ 6.0 N の力 $\overrightarrow{F_A}$ と大きさ 4.0 N の力 $\overrightarrow{F_B}$ の２力がはたらいている。この２力の合力の x 成分を有効数字２桁で表すと [ア] [イ]．[ウ] N である。[ア] には＋－のいずれかを，[イ] および [ウ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)



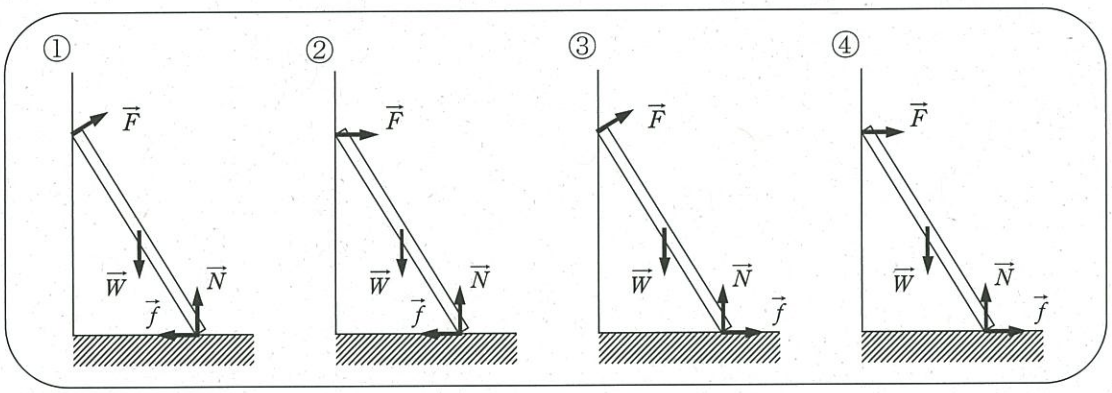
(2)　あらい水平面上に置かれた質量 10 kg の物体を，水平に静かに引いたところ，引く力の大きさが 49 N をこえたとき，物体は滑り始めた。物体と水平面との間の静止摩擦係数を有効数字２桁で表すと，0．[エ] [オ] である。[エ] および [オ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。(5 点)



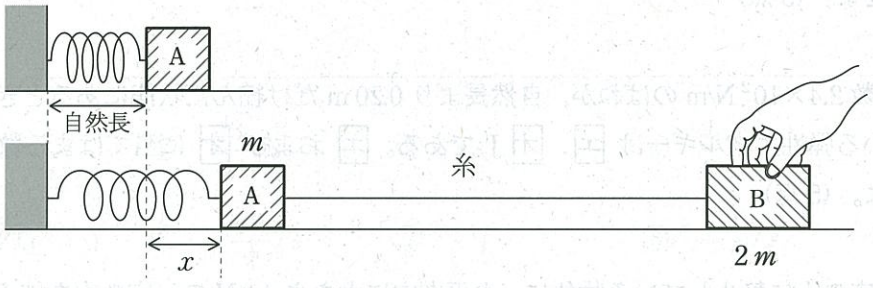
(3)　なめらかな水平面上を等速直線運動してきた質量 0.50 kg の物体が，あらい水平面上に進入した。初めの運動の向きを正とする。物体とあらい水平面との間の動摩擦係数を 0.10 とすると，あらい水平面上で物体に生じる加速度は [カ] 0．[キ] [ク] m/s^2 である。[カ] には＋－のいずれかを，[キ] および [ク] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。(5 点)



(4)　水平な床と鉛直な壁の間に，棒が立てかけられている。床には摩擦があるが，壁はなめらかで摩擦がない。このとき棒にはたらく力には，重力 $\vec{W}$，壁が棒を押す力 $\vec{F}$，床が棒を垂直に押す力 $\vec{N}$，棒が床から受ける摩擦力 $\vec{f}$ があるが，これらの力を表す図として正しいものはどれか。次の①から④のうちから一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(5 点)



2　図のように，ばね定数 k の軽いばねの一端を壁に固定し，他端に質量 m の物体 A を取り付けた。さらに，A に軽い糸をつけ，糸の他端に質量 $2m$ の物体 B をつなぎ，これらをなめらかな水平面上で一直線に配置した。次に，B を手で引き，ばねが自然長から x だけ伸びたところで手を止めた。次の各問いに答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。



(1)　このときの糸の張力の大きさはいくらか。次の①から⑦のうちから正しいものを一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10 点)

① 0　② mg　③ $2mg$　④ $3mg$
⑤ kx　⑥ $kx+mg$　⑦ $kx-mg$

(2)　次に，(1)の状態から B をわずかに引き，手を離した。ばねの伸びが再び x になったときの A の加速度の大きさはいくらか。次の①から⑧のうちから正しいものを一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし，糸はたるまないものとする。(10 点)

① 0　② $\dfrac{kx}{m}$　③ $\dfrac{kx}{2m}$　④ $\dfrac{kx}{3m}$
⑤ $\dfrac{kx}{m}+g$　⑥ $\dfrac{kx}{3m}+g$　⑦ $\dfrac{kx}{m}-g$　⑧ $\dfrac{kx}{3m}-g$

(3)　(2)でばねの伸びが再び x になったときの糸の張力の大きさはいくらか。次の①から⑦のうちから正しいものを一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10 点)

① $\dfrac{1}{3}kx$　② $\dfrac{1}{2}kx$　③ $\dfrac{2}{3}kx$　④ kx
⑤ $\dfrac{3}{2}kx$　⑥ $2kx$　⑦ $3kx$

§3　力学的エネルギー・運動量

1　次の各問いに答えよ。

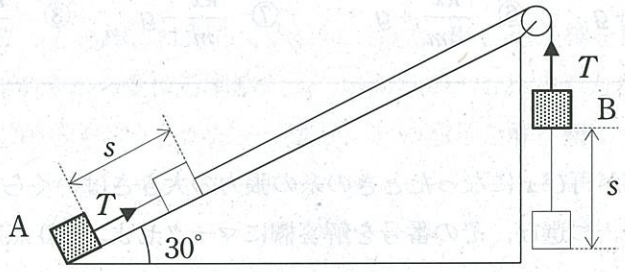
(1)　x 軸上を速度 −5.0 m/s で運動している質量 4.0 kg の台車の運動エネルギーは [ア] [イ] [ウ] J である。[ア] には＋－のいずれかを，[イ] および [ウ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(2)　ばね定数 2.4×10^2 N/m のばねが，自然長より 0.20 m だけ縮んだ状態にあるとき，このばねが蓄えている弾性エネルギーは [エ]. [オ] J である。[エ] および [オ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(3)　水平な床の上に静止している物体に，水平方向に大きさ 4.0 N の一定の力を加え続けた。物体と床の間の摩擦はないとすると，力を加え始めてから 1.5 s 後の物体の運動量の大きさは [カ]. [キ] kg･m/s である。[カ] および [キ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(4)　x 軸上を質量 1.0 kg の小球 A が正の向きに 0.90 m/s の速さで運動してきて，静止していた質量 2.0 kg の小球 B に衝突した。衝突後，A は負の向きに 0.30 m/s の速さで運動し，B は正の向きに 0 . [ク] [ケ] m/s の速さで運動した。[ク] および [ケ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

2　図のように，水平との角度が 30° のなめらかな斜面の下端に，質量 m のおもり A を置き，A に軽い糸を結び，軽くて滑らかに回転する滑車に通した後，他端に質量 m のおもり B を付けて吊り下げたところ，A は斜面に沿って等加速度で上昇し始めた。次の各問いに答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。



(1)　このとき糸がAを引く力の大きさをTとすると，糸がBを引く力の大きさもTである。Aが斜面に沿って距離sだけ移動する間に，糸がAを引く力がする仕事は $\boxed{ア}$ である。また糸がBを引く力がする仕事は $\boxed{イ}$ である。$\boxed{ア}$ および $\boxed{イ}$ に当てはまる式をそれぞれ次の①から⑨のうちから一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし，同じ番号を繰り返し用いてよい。(10点)

① $2Ts$	② $\frac{\sqrt{3}}{2}Ts$	③ Ts	④ $\frac{1}{2}Ts$	
⑤ $-2Ts$	⑥ $-\frac{\sqrt{3}}{2}Ts$	⑦ $-Ts$	⑧ $-\frac{1}{2}Ts$	⑨ 0

(2)　Aが斜面に沿って距離sだけ移動する間に，AとBの重力による位置エネルギーの合計はどれだけ変化するか。増加する場合を＋，減少する場合を－として，次の①から⑨のうちから当てはまる式を一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10点)

① mgs	② $2mgs$	③ $\frac{1}{2}mgs$	④ $\frac{\sqrt{3}}{2}mgs$	
⑤ $-mgs$	⑥ $-2mgs$	⑦ $-\frac{1}{2}mgs$	⑧ $-\frac{\sqrt{3}}{2}mgs$	⑨ 0

(3)　Aの初速度は0であった。Aが斜面に沿って距離sだけ移動したときのAの速さはいくらか。次の①から⑨のうちから当てはまる式を一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10点)

① $2\sqrt{gs}$	② $\sqrt{2gs}$	③ $\frac{\sqrt{gs}}{2}$	④ $\sqrt{\frac{gs}{2}}$	
⑤ $\sqrt{gs}$	⑥ $\sqrt{3gs}$	⑦ $\frac{\sqrt{3gs}}{2}$	⑧ $\sqrt{\frac{gs}{3}}$	⑨ $2\sqrt{\frac{gs}{3}}$

§4　円運動・単振動・万有引力

1　次の各問いに答えよ。

(1)　図1のような半径 49 m の宇宙ステーションがある。図2は宇宙ステーションの断面図である。宇宙ステーション全体を図2のように回転させて，A 点にいる人に，地上の重力と同じ大きさの遠心力を感じさせたい。地上における重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし，人の大きさは無視できるものとすると，角速度は 0. [ア][イ] rad/s とすればよい。[ア] および [イ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，有効数字を2桁とする。
(5点)

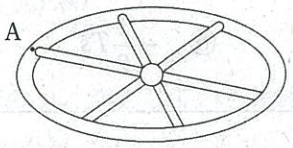


図1

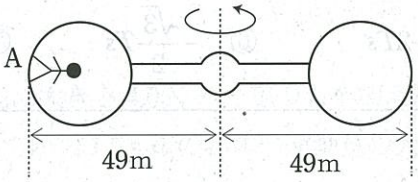


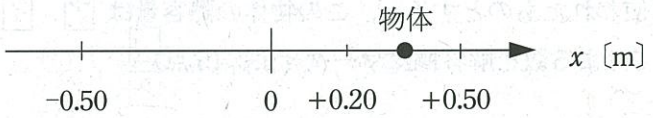
図2

(2)　質量 2.0×10^3 kg と 4.0×10^3 kg の2つの鉄球がある。重心間の距離は 20 m である。この2つの鉄球に作用しあう万有引力の大きさを有効数字2桁で表すと，[ウ]. [エ] $\times10^{-6}$ N である。[ウ] および [エ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，万有引力定数を 6.7×10^{-11} N·m^2/kg^2 とする。(5点)

(3)　長さ 0.50 m の軽い糸の一端に物体を付け，他端を中心として水平面内で周期 0.50 s の等速円運動をさせた。このときの物体の速さを有効数字2桁で表すと [オ]. [カ] m/s である。[オ] および [カ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，円周率を 3.14 とする。(5点)

(4)　軽い糸の先におもりを吊して，周期 3.14 s の単振り子を作りたい。このときの糸の長さを有効数字2桁で表すと，[キ]. [ク] m である。[キ] および [ク] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，おもりの大きさは無視できるものとする。また，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2，円周率を 3.14 とする。(5点)

2　質量 2.0 kg の物体が，x 軸上で原点を中心として単振動している。振動の振幅は 0.50 m，周期は 3.1 s である。次の各問いに答えよ。ただし，円周率を 3.14 とする。



(1)　この単振動の角振動数を有効数字 2 桁で表すと ア．イ rad/s である。ア および イ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

(2)　この物体の速さの最大値を有効数字 2 桁で表すと ウ．エ m/s である。ウ および エ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

(3)　物体が＋0.20 m の位置を通過するとき，物体にはたらく復元力を有効数字 2 桁で表すと オ カ．キ N である。オ には＋－のいずれかを，カ および キ には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

§5 熱

1 次の各問いに答えよ。

(1) ある物体に 4.0×10^{2} J の熱量を与えたところ温度が 2.0 K 上昇した。与えられた熱量はすべて物体の温度上昇に使われたものとすると，この物体の熱容量は $\boxed{ア}.\boxed{イ}\times10^{2}$ J/K である。$\boxed{ア}$ および $\boxed{イ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(2) 気体分子の速さの目安として，2乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ を用いることが多い。$\overline{v^2}$ は，分子速度の2乗の平均である。

ヘリウムは単原子分子からなる気体で，1モルの質量が 4.0×10^{-3} kg であり，16 ℃ における1モルのヘリウムの内部エネルギーは 3.6×10^{3} J である。このときの分子の2乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ を求めると，$1.3\times10^{\boxed{ウ}}$ m/s である。$\boxed{ウ}$ に当てはまる数を，次の①から⑦のうちから一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(5 点)

①	1	②	2	③	3	④	0
⑤	− 1	⑥	− 2	⑦	− 3		

(3) 断面積 4.0×10^{-2} m^2 のシリンダーとなめらかに動くピストンで閉じ込められた気体が，一定の圧力 1.0×10^{5} Pa のまま膨張して，ピストンが 0.20 m だけ移動した。このとき気体が外部にした仕事は $\boxed{エ}.\boxed{オ}\times10^{2}$ J である。$\boxed{エ}$ および $\boxed{オ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

2 同じ熱容量の物体 A，B，C がある。初め，A の温度は T，B と C の温度は $\dfrac{T}{2}$ であった。次に，A，B，C について以下の2つの方法で熱平衡の状態をつくる。それぞれの方法において，熱平衡に達したときの温度を求めよ。ただし，熱の移動は物体間のみでおこるものとする。

(1) 方法 I

A，B，C の3体を同時に接触させる。熱平衡の状態における温度は $\dfrac{\boxed{ア}}{\boxed{イ}}T$ である。$\boxed{ア}$ および $\boxed{イ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，$\dfrac{\boxed{ア}}{\boxed{イ}}$ は既約分数とすること。(5 点)

(2) 方法Ⅱ

AにBを接触させて熱平衡にする。こののち，Bを取り外し，次にAにCを接触させて熱平衡にする。このときAおよびCの温度は $\frac{\boxed{ウ}}{\boxed{エ}}T$ である。$\boxed{ウ}$ および $\boxed{エ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，$\frac{\boxed{ウ}}{\boxed{エ}}$ は既約分数とすること。(5点)

3 シリンダーとピストンに閉じ込められた理想気体が，圧力 1.0×10^5 Pa において，ある体積を占めていた。この気体を，温度一定に保ったままで体積が 1.5 倍になるまで膨張させた。このとき内部の気体がピストンにした仕事は 2.0×10^2 J であった。次の各問いに答えよ。

(1) 膨張後の気体の圧力は，有効数字2桁で表すと $\boxed{ア}.\boxed{イ}\times10^{\boxed{ウ}}$ Pa になる。$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ および $\boxed{ウ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，$\boxed{ア}$ は0でない数とする。(5点)

(2) 膨張後の内部エネルギーは，初めの $\boxed{エ}.\boxed{オ}$ 倍になる。また，分子1個あたりの平均運動エネルギーは $\boxed{カ}$。$\boxed{エ}$ および $\boxed{オ}$ には当てはまる数を解答欄にマークせよ。$\boxed{カ}$ には最も適当な言葉を次の①から③のうちから一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10点)

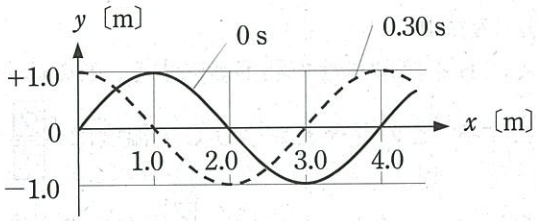
① 増加する　② 減少する　③ 変わらない

(3) この状態変化において，気体は $\boxed{キ}.\boxed{ク}\times10^{\boxed{ケ}}$ J の熱量を $\boxed{コ}$ した。$\boxed{キ}$，$\boxed{ク}$ および $\boxed{ケ}$ には当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，$\boxed{キ}$ は0でない数とする。$\boxed{コ}$ には当てはまる言葉を次の①または②から一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10点)

① 放出　② 吸収

§6　波動

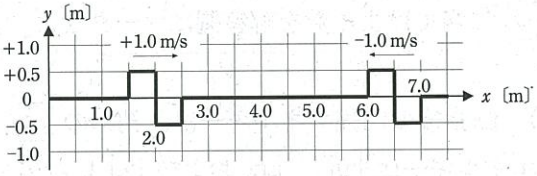
1　図のように，媒質の中を x 軸の正の向きに進んでいる正弦波がある。実線は時刻 0 s での波形を表し，この状態から最初に破線の状態になるのに 0.30 s かかった。次の各問いに答えよ。



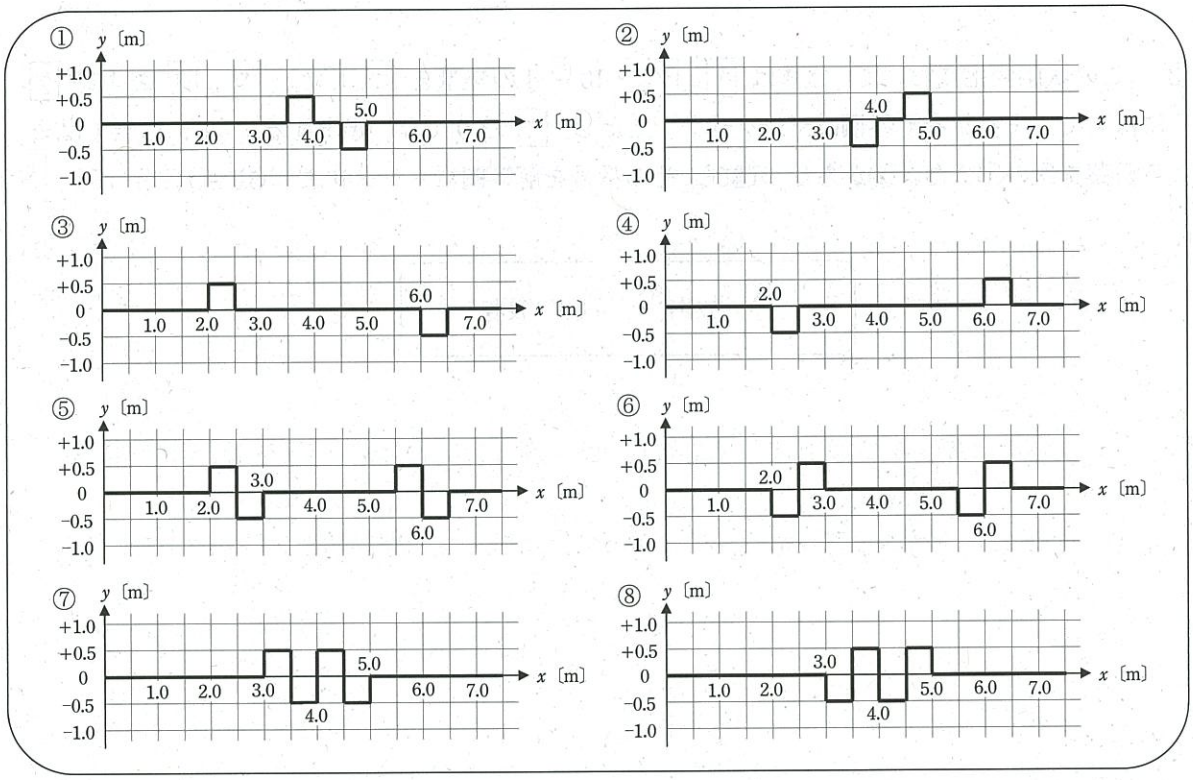
(1)　この波の進む速さは $\boxed{ア}\boxed{イ}$ m/s である。$\boxed{ア}$ および $\boxed{イ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(2)　この波の振動数は $\boxed{ウ}.\boxed{エ}$ Hz である。$\boxed{ウ}$ および $\boxed{エ}$ に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

2　媒質中を 2 つのパルス波が，互いに逆向きに，速さ 1.0 m/s で進んでいる。右図は時刻 0 s における波形である。x 軸は媒質の位置を表し，y 軸は媒質の変位を表す。次の(1)および(2)の時刻における波形は，どのようになるか。次の①から⑧のうちから最も適当な図を一つずつ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(各 5 点×2=10 点)



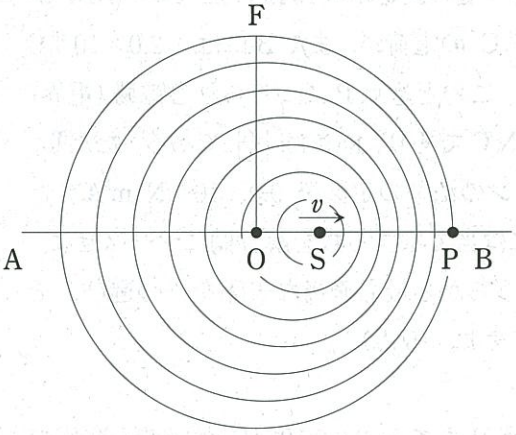
(1)　時刻 2.0 s　　(2)　時刻 4.0 s



3　次の文はドップラー効果について説明したものである。文中の空欄 ア ，イ および ウ に当てはまる式を，選択肢①から⑧のうちからそれぞれ一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし，同じ番号を繰り返し用いてよい。（各 10 点×3=30 点）

「水面上の点 P に観測者が静止している。図のように，この水面上を振動数 f_0 の波源 S が，直線 AB に沿って一定の速さ v で点 B に向かって移動する。同位相の点を結んだ各波面は，波源の速度に依存せずに一定の速さ V で円状に広がる。ただし $v<V$ とする。

波源が点 O から点 S まで移動する時間を t とすると，距離 OS は vt と表される。また，点 O から出た波面が同じ時間 t だけかかって弧 FP に達したとすると，距離 OP は Vt と表される。これより，SP 間の距離は $(V-v)t$ と表される。また，この時間 t のあいだに波源が振動した回数は ア である。これより，SP 間にある波の波長は イ となる。この波は SP 間を速度 V で進む。よって，観測者が観測する波の振動数は ウ となる。」



① f_0V	② f_0t	③ $\dfrac{f_0}{t}$	④ $\dfrac{V-v}{V}f_0$
⑤ $\dfrac{V-v}{f_0}$	⑥ $\dfrac{V}{V-v}f_0$	⑦ $\dfrac{V}{f_0}$	⑧ $\dfrac{v}{f_0}$

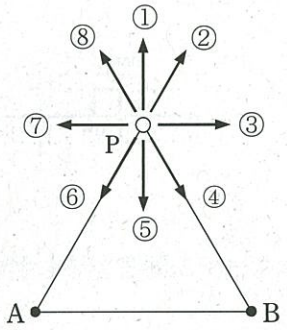
§7　電気

1　次の各問いに答えよ。

(1)　真空中で，それぞれ＋ 1.0×10^{-7} C と＋ 2.0×10^{-7} C の２つの点電荷が，0.20 m 離れて存在しているとき，互いに及ぼし合う静電気力は，大きさが [ア]. [イ] $\times10^{-3}$ N であり，[ウ] 力である。ただし，静電気力に関するクーロンの法則の定数を 9.0×10^{9} N·m²/C² とする。[ア] および [イ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。[ウ] には当てはまる言葉を次の①または②から一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(5 点)

① 引　　② 斥

(2)　図のように，真空中で一辺の長さが 0.10 m の正三角形 ABP があり，A には＋ 2.0×10^{-8} C の電荷が，また B には -2.0×10^{-8} C の電荷が固定されている。このとき点 P につくられる電場（電界）の強さは [エ]. [オ] $\times10^{4}$ N/C であり，向きは [カ] である。ただし，静電気力に関するクーロンの法則の定数を 9.0×10^{9} N·m²/C² とする。[エ] および [オ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。[カ] には図の①から⑧のうちから最も適当な矢印を一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(5 点)



(3)　真空中で，点 A から点 B まで＋ 3.0×10^{-9} C の電荷を運ぶのに外力がした仕事は＋ 1.2×10^{-7} J であった。このとき，点 A を基準とした点 B の電位は [キ] [ク] [ケ] V である。[キ] には＋－のいずれかを，[ク] および [ケ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

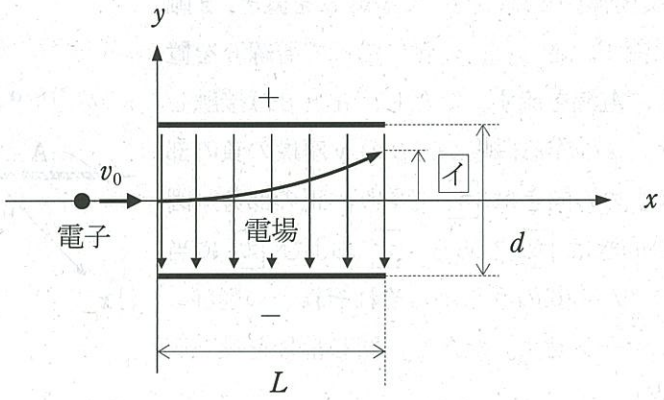
(4)　断面積が 2.5×10^{-6} m² の導線があり，この中に自由電子が 1 m³ あたり 8.5×10^{28} 個存在しているとする。この導線に 8.5 A の電流が流れているとき，導線内を移動する自由電子の平均の速さは，有効数字２桁で表すと [コ]. [サ] $\times10^{-4}$ m/s である。[コ] および [サ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，電気素量を 1.6×10^{-19} C とする。(5 点)

2　次の文中の空欄 ア ，イ および ウ に当てはまる式を，選択肢①から⑨のうちからそれぞれ一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし，同じ番号を繰り返し用いてよい。
（各 10 点×3 = 30 点）

「図のように，真空中に平行極板を置いて，極板に平行な方向を x 軸，極板に垂直な方向を y 軸とする。x 方向の極板の長さは L，極板間距離は d とする。両極板に V の電位差を与えたところ，極板間には一様な電場（電界）が生じ，その強さは $\dfrac{V}{d}$ であった。ただし，電場の向きは y 軸の負の向きである。

電荷 $-e$，質量 m の電子を，x 軸の正の向きに速さ v_0 で極板間に入射する。極板間で電子は電場から力を受けるので，電子に大きさ ア の加速度が生じる。電子が極板に衝突することなく，等加速度運動をして極板間の外へ飛び出すとする。電子が極板間を通過する時間は $\dfrac{L}{v_0}$ なので，電子は極板間から出るとき y 軸の正の向きに イ だけ変位する。

また，この間に電子は電場より ウ だけの仕事をされるので，その分だけ運動エネルギーが増加する。」



① $\dfrac{eV}{d}$　② eV　③ $\dfrac{eV}{md}$　④ $\dfrac{eVL}{2mdv_0}$　⑤ $\dfrac{eVL^2}{2mdv_0{}^2}$

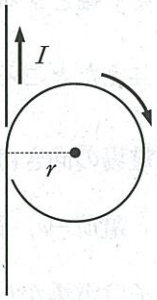
⑥ $\dfrac{eVL^2}{mdv_0{}^2}$　⑦ $\dfrac{eVL}{mdv_0}$　⑧ $\dfrac{e^2V^2L^2}{2md^2v_0{}^2}$　⑨ $\dfrac{eVL}{d}$

§8 磁気

1 次の各問いに答えよ。

(1) 磁束密度 2.0 Wb/m^2 の一様な磁場（磁界）がある。磁場に対して垂直な，面積 4.0×10^{-2} m^2 の面を貫く磁束は [ア]. [イ] $\times10^{-2}$ Wb である。[ア] および [イ] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。ただし，Wb/m^2 は T ともいう。(5 点)

(2) 図のように，十分に長い導線をたるませて，途中に半径 r の円を作り，導線の下から上に向けて大きさ I の電流を流す。このとき円の中心にできる磁場の強さは [ウ] で，向きは [エ] である。[ウ] には当てはまる式を，[エ] には当てはまる言葉を，次の①から⓪のうちからそれぞれ一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし円周率を π とする。(5 点)

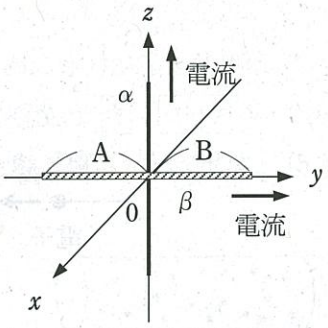


① $\dfrac{I}{2r}\left(1+\dfrac{1}{\pi}\right)$　② $\dfrac{I}{2r}\left(1-\dfrac{1}{\pi}\right)$　③ $\dfrac{I}{2r}(\pi+1)$

④ $\dfrac{I}{2r}(\pi-1)$　⑤ $\dfrac{I}{2r}$　⑥ $\dfrac{I}{r}$　⑦ $\dfrac{I}{2\pi r}$　⑧ $\dfrac{I}{\pi r}$

⑨ 紙面の裏から表　⓪ 紙面の表から裏

(3) 図のように，直交座標の z 軸に沿って導線 α を置き，z 軸の正の向きに電流を流す。さらに，y 軸に沿って導線 β を置き，y 軸の正の向きに電流を流す。ただし，α と β は接触していない。このとき，α の作る磁場が，β の y 座標の負の部分（図の A）に及ぼす力の向きは [オ] であり，正の部分（図の B）に及ぼす力の向きは [カ] である。[オ] および [カ] に当てはまる言葉を次の①から⑥のうちからそれぞれ一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし，同じ番号を繰り返し用いてよい。(5 点)



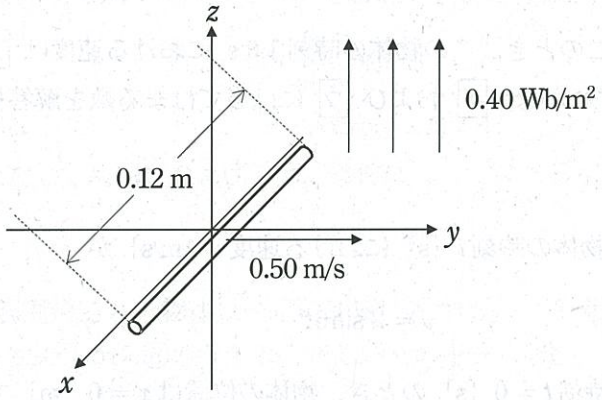
① x 軸の正の向き　② x 軸の負の向き

③ y 軸の正の向き　④ y 軸の負の向き

⑤ z 軸の正の向き　⑥ z 軸の負の向き

(4) 長さ 0.40 m の中に 1.0×10^4 回巻かれているソレノイドに，1.0 A の電流を流したとき，ソレノイド内に作られる磁場の強さは [キ]. [ク] $\times10^4$ A/m である。[キ] および [ク] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

2　図のように，直交座標の z 軸の正の向きに磁束密度 0.40 Wb/m^2 の一様な磁場がある。この磁場中に，太さが一定で長さが 0.12 m の金属棒を x 軸に沿って置く。次に，この金属棒を y 軸の正の向きに一定の速さ 0.50 m/s で運動させる。次の各問いに答えよ。ただし，電子 1 個の電気量を -1.6×10^{-19} C とする。Wb/m^2 は T ともいう。



(1)　金属棒の中の自由電子 1 個が磁場から受ける力は，x 軸方向に [ア] [イ]．[ウ] $\times10^{-20}$ N である。[ア] には＋－のいずれかを，[イ] および [ウ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

(2)　金属棒の内部には，x 軸方向に [エ] 0．[オ] [カ] V/m の電場ができる。[エ] には＋－のいずれかを，[オ] および [カ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

(3)　金属棒の両端の電位差は，[キ]．[ク] $\times10^{-2}$ V である。[キ] および [ク] に当てはまる数を解答欄にマークせよ。(10 点)

§9　微分積分を用いた力学

1　次の各問いに答えよ。

(1)　x 軸上を運動している物体の時刻 t〔s〕における位置 x〔m〕が

$$x = 2t^3 - 3t^2 - 2t + 4$$

で表されているとする。このとき，この物体の時刻 1.0 s における速度は [ア] [イ]. [ウ] m/s である。[ア] には＋－のいずれかを，[イ] および [ウ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(2)　x 軸上を運動している物体の時刻 t〔s〕における速度 v〔m/s〕が

$$v = 2\sin 6t$$

で表されているとする。時刻 $t = 0$〔s〕のとき，物体の位置は $x = 0$〔m〕であったとすると，時刻 t〔s〕における物体の位置 x〔m〕を表す式はどれか。次の①から⑧のうちから正しいものを一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(5 点)

① $x = 2t\sin 6t$　② $x = 2\sin 3t^2$　③ $x = \dfrac{2\sin 6t}{t}$

④ $x = 12\sin 6t$　⑤ $x = 12\cos 6t$　⑥ $x = -\dfrac{1}{3}\cos 6t$

⑦ $x = \dfrac{1}{3}(1 - \cos 6t)$　⑧ $x = 2\cos 3t^2$

(3)　x 軸上を運動している物体に

$$F(x) = \frac{8}{x^2}$$

で表される力 F〔N〕がはたらいているとする。この物体が $x = 1.0$〔m〕から $x = 2.0$〔m〕の位置まで移動したとき，力が物体にした仕事は [エ] [オ]. [カ] J である。[エ] には＋－のいずれかを，[オ] および [カ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

(4)　x 軸上を運動している物体に，x 軸に沿った方向の保存力がはたらき，位置 x〔m〕において，この保存力による位置エネルギー U〔J〕が

$$U(x) = \frac{1}{2}x^3$$

で表されているとする。物体が $x = 2.0$〔m〕の位置にあるとき，物体にはたらく保存力は [キ] [ク]. [ケ] N である。[キ] には＋－のいずれかを，[ク] および [ケ] には当てはまる数を解答欄にマークせよ。(5 点)

2　物体が空気中で落下運動するとき，物体は空気から抵抗力を受ける。抵抗力の大きさは，物体の速度に比例するとする。すなわち，物体の速度が v のときの抵抗力は $-\gamma v$ と表される。ただし，γ は正の定数である。

質量 m の物体を時刻 0 において空気中で静かに放し，落下運動させた。鉛直下向きを正の向きにとる。時刻 t における物体の速度を v，重力加速度を g とすると，物体の運動方程式は

$$m\frac{dv}{dt}=mg-\gamma v$$

と表され，その解は

$$v=\mathrm{A}\exp(-\lambda t)+\mathrm{B}$$

で与えられる。ただし，A，B および λ は，条件によって決まる定数である。次の各問いに答えよ。

(1)　十分時間が経過すると，物体は一定の速度に達する。この速度を終端速度という。その速度はいくらか。次の①から⑧のうちから正しいものを一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10 点)

① mg	② γmg	③ 0	④ $\dfrac{mg}{\gamma}$
⑤ $\dfrac{\gamma}{mg}$	⑥ gt	⑦ $\dfrac{1}{2}gt^2$	⑧ $mg-\gamma$

(2)　初期条件（ $t=0$ で $v=0$ ）および(1)の結果より A，B を定めると，A は $\boxed{ア}$，B は $\boxed{イ}$ となる。$\boxed{ア}$ および $\boxed{イ}$ には当てはまる式を，次の①から⑧のうちからそれぞれ一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。ただし，同じ番号を繰り返し用いてよい。(10 点)

① mg	② γmg	③ 0	④ $\dfrac{mg}{\gamma}$
⑤ $-mg$	⑥ $-\dfrac{mg}{\gamma}$	⑦ $\dfrac{1}{2}gt^2$	⑧ $-\gamma mg$

(3)　解を運動方程式に代入し，任意の時刻 t において等式が成立することを考慮すると，λ が決まる。λ はいくらか。次の①から⑧のうちから正しいものを一つ選び，その番号を解答欄にマークせよ。(10 点)

① γm	② γmg	③ $\dfrac{m}{\gamma}$	④ $\dfrac{mg}{\gamma}$
⑤ $\dfrac{1}{\gamma m}$	⑥ $\dfrac{1}{\gamma mg}$	⑦ $\dfrac{\gamma}{m}$	⑧ $\dfrac{\gamma}{mg}$

（注意事項の続き）

7　物理の試験に限り関数電卓の使用を認めます。（関数機能が付いていない電卓の使用も認めます。）ただし，公式入力が可能な電卓，公式既入力の電卓，携帯電話，電子辞書，ポケットコンピュータは使用できません。関数電卓を使用しなくても問題が解けるように関数表を配付しますので，必要に応じて使用してください。

8　解答用紙の指定の箇所に個人番号と名前を記入してください。
また，個人番号欄に自分の番号をマークしてください。
（例）　００１番の場合

個人番号	－	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ●
	－	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ●
	－	● ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪

9　設問の解答は，解答用紙の各設問に対応した解答欄にマークしてください。
（例１　選択肢のうちから一つ選び，解答する場合）
設問 1 (1) に対して，選択肢番号 ⑤ と解答するとき

		解　答　欄
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 + −
1	(1)	① ② ③ ④ ● ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪ ⊕ ⊖
	(2)	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪ ⊕ ⊖

（例２　空欄に当てはまる数字等を解答する場合）
設問 3 (1)「・・・Ａの速度は，有効数字２桁で表すと，ア 0. イ ウ m/s である。ア には＋または－のうちのいずれかを，イ および ウ には当てはまる数をそれぞれ解答欄にマークせよ。」に対して，計算結果が「－0.475 m / s」であった場合，ア には－，イ には4，ウ には8が当てはまるから，下記のようにマークする。

			解　答　欄
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 + −
3	(1)	ア	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪ ⊕ ●
		イ	① ② ③ ● ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪ ⊕ ⊖
		ウ	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ● ⑨ ⓪ ⊕ ⊖
	(2)		① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪ ⊕ ⊖

10　試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁，乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

11　問題冊子の余白は計算に利用して構いません。

12　試験終了後，問題冊子は持ち帰ってください。