北海道大学　前期

医学部 歯学部

H—27　Ⓐ

理　　科

15：00〜17：00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 45 ページある。このうち，「物理」は 2 〜 7 ページ，「化学」は 8 〜19 ページ，「生物」は 20〜37 ページ，「地学」は 38〜45 ページである。
3. 「物理」，「化学」，「生物」，「地学」のうちから，あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目（◎印）と選択科目（○印）は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻	総合入試					学部別入試								
	理系					医学部						歯学部	獣医学部	水産学部
							保健学科							
科目	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻	作業療法学専攻			
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

4. **受験する科目のすべての解答用紙には，受験番号および座席番号（上下 2 箇所）を，監督者の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
   なお，選択問題がある科目については，問題文の指示に従うこと。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

物　　　理

1　図1のように，曲面と水平面からなる台がある。質量 $2m$〔kg〕の球Aが水平な床より高さ $2h$〔m〕の台の水平な部分に静止している。球Aのおかれた位置から右側では曲面は水平になっている。台の曲面上の高さ $3h$〔m〕の位置に質量 m〔kg〕の球Bを静かにおく。球Bは曲面をすべり，球Aと水平に衝突する。図のように $x-y$ 座標をとり，Oを原点とする。Oから水平方向 $2h$〔m〕の距離に高さ h〔m〕のついたてがある。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，球Aと球Bの間の反発係数を e_s（$0 \leqq e_s < 1$），球Aと水平な床の間の反発係数を e_w（$0 \leqq e_w < 1$）とし，すべての面と球の間の摩擦，空気の抵抗，球の大きさ，ついたての厚さは無視できるものとする。以下の文章中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(13)}$ に適切な数式または数値を入れよ。

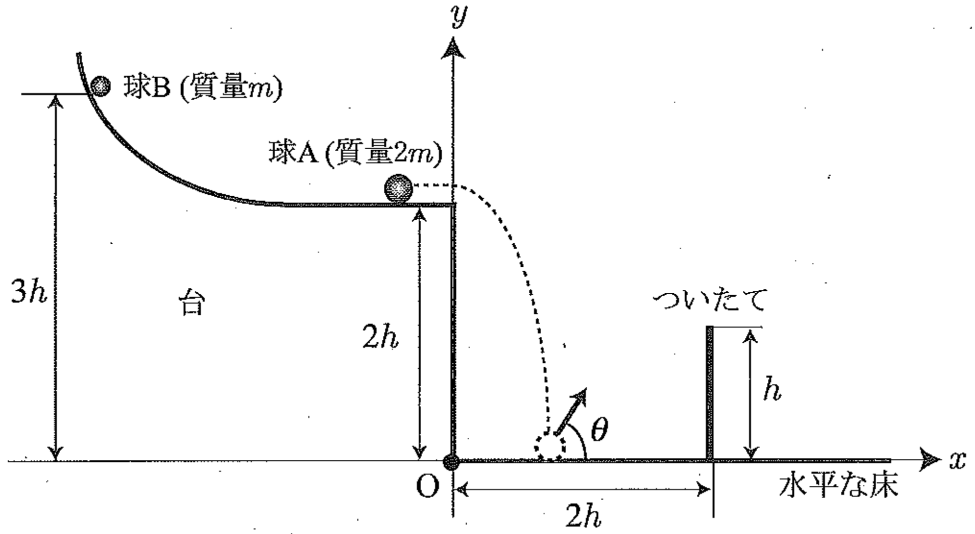

図1

問 1　球Aと球Bの衝突について考える。球Aに衝突する直前の球Bの速度の大きさは $\boxed{\quad(1)\quad}$〔m/s〕となる。反発係数が e_{s} であること，および，衝突前後の運動量保存の法則から，衝突後の球Aの速度の大きさは $\boxed{\quad(2)\quad}$〔m/s〕，球Bの速度の大きさは $\boxed{\quad(3)\quad}$〔m/s〕となる。反発係数が1より小さい場合，球Aと球Bの衝突前後において2つの球の運動エネルギーの和は保存されない。たとえば反発係数が $e_{\mathrm{s}} = \dfrac{1}{2}$ の場合，衝突後の球Aと球Bの運動エネルギーの和は $\boxed{\quad(4)\quad}$〔J〕となり，衝突直前の運動エネルギーの和 $\boxed{\quad(5)\quad}$〔J〕より小さい。

問 2　つぎに，球Aが球Bとの衝突によって水平右向きに大きさ $\dfrac{\sqrt{gh}}{2}$〔m/s〕の速度をもつ場合を考える。衝突後の球Bの運動は無視する。球Aが $(x,\ y) = (0\ ,\ 2h)$ を通過した時刻を $t = 0$〔s〕とすると，球Aが水平な床と1回目の衝突をする時刻は $t = \boxed{\quad(6)\quad}$〔s〕となり，衝突時の x 座標は $x = \boxed{\quad(7)\quad}$〔m〕となる。水平な床との1回目の衝突直後，球Aは水平な床に対して右斜め上向きにはねかえる。水平な床から反時計回りに角度 θ〔rad〕で球Aがはねかえるとすると，$\tan\theta = \boxed{\quad(8)\quad}$ となる。1回目の衝突ののちに，球Aがついたてを飛びこえるためには，$e_{\mathrm{w}} > \boxed{\quad(9)\quad}$ でなければならない。$e_{\mathrm{w}} > \boxed{\quad(9)\quad}$ のとき，球Aと水平な床の1回目の衝突から2回目の衝突までにかかる時間は $\boxed{\quad(10)\quad}$〔s〕となる。さらに球Aは水平な床と衝突を続ける。n 回目 $(n > 1)$ の衝突から $n + 1$ 回目の衝突までにかかる時間は $\boxed{\quad(11)\quad}$〔s〕となり，$n + 1$ 回目に球Aが水平な床と衝突する時刻は $t = \boxed{\quad(12)\quad}$〔s〕となる。衝突回数 n が十分に大きくなると，$(e_{\mathrm{w}})^n = 0$ と考えることができ，衝突直後の球Aの速度の y 成分はゼロとなる。その時刻は $\boxed{\quad(12)\quad}$ から求められる。このときの球Aの x 座標は，e_{w} が $\boxed{\quad(9)\quad}$ より大きいことを使うと，$x > \boxed{\quad(13)\quad} \times h$ となる。

2 図1のように，導線でできた長方形の1回巻きコイル ADD′A′ が，磁束密度 B〔T〕の一様な磁場中におかれている。磁場は $+y$ 方向を向いており，コイルは x 軸のまわりになめらかに回転できる。回転軸は AD と A′D′ のそれぞれの中点を通る。コイルの回転角 θ〔rad〕$(0 \leqq \theta < 2\pi)$ は，A′D′ と磁場のなす角度であり，反時計回りを正とする。AA′ と DD′ の長さはそれぞれ a〔m〕，AD と A′D′ の長さはそれぞれ b〔m〕であり，コイルの重さは無視できる。またコイルの回転軸は絶縁体でできており，コイルは力を受けても歪まないとする。

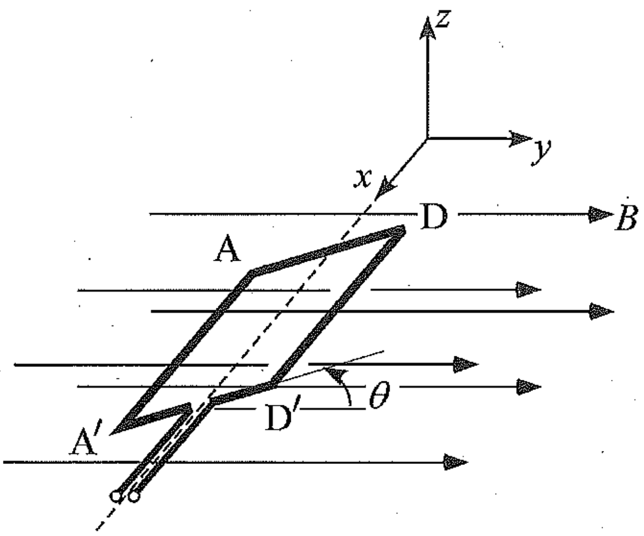

図1

以下の文章中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(6)}$ に適切な数式または数値を入れよ。$\boxed{(i)}$ にはグラフを描け。$\boxed{(a)}$ ～ $\boxed{(e)}$ では選択肢の中から適切な語句を選び，その記号を○で囲め。

コイルの A′→A の向きに一定の大きさ I〔A〕の電流を流した。平均速度の大きさ v〔m/s〕，単位体積中の粒子数 n〔/m^3〕の荷電粒子（電気量 q〔C〕$(q > 0)$）が断面積 S〔m^2〕の導線中を動くことにより，この電流が流れている。このとき電流の大きさ I は，q，v，n，S をつかって $\boxed{(1)}$ 〔A〕と表される。以降の解答に電流の大きさをつかう場合は I を用いよ。これらの荷電粒子は磁場からローレンツ力を受ける。したがって AA′ にはこのローレンツ力の総和がはたらくの

で，大きさ $\boxed{\quad (2) \quad}$ 〔N〕の力が

(a)	(ア)$+x$，(イ)$-x$，(ウ)$+y$，(エ)$-y$，(オ)$+z$，(カ)$-z$

向きにはたらく。同様に考えると，DD′には同じ大きさの力がAA′とは逆向きにはたらく。これらの力は作用線が平行で，互いに大きさが等しく，向きが反対なので偶力となっており，コイルには $\boxed{\quad (3) \quad}$ 〔N·m〕の大きさの偶力のモーメントがはたらく。$\theta = 0$〔rad〕のとき，コイルの全長 $l = 2(a+b)$〔m〕を一定としてコイルの面積を変えてみよう。さまざまな値の a に対して，偶力のモーメントの大きさをグラフに描くと $\boxed{\quad (\mathrm{i}) \quad}$ となる。グラフより，偶力のモーメントの大きさが最大となるのは $\dfrac{a}{l}$ が $\boxed{\quad (4) \quad}$ のときである。

つぎに，ある $a\left(0 < a < \dfrac{l}{2}\right)$ に対していろいろな角度 θ で偶力のモーメントを考える。偶力のモーメントが0となる2つの角度 θ_1〔rad〕，θ_2〔rad〕$(\theta_1 < \theta_2)$ は $\theta_1 = \boxed{\quad (5) \quad}$ 〔rad〕，$\theta_2 = \boxed{\quad (6) \quad}$ 〔rad〕である。θ_1 の場合にコイルにはたらく偶力を考えてみよう。$\Delta\theta$〔rad〕$(\Delta\theta > 0)$ を十分小さな角度として，$\theta = \theta_1 + \Delta\theta$ で電流を流した場合には，偶力のモーメントによってコイルの角度 θ は

(b)	(ア)変わらない，(イ)θ_1 に近づこうとする，(ウ)θ_1 から離れようとする

。

また $\theta = \theta_1 - \Delta\theta$ で電流を流した場合には，コイルの角度 θ は

(c)	(ア)変わらない，(イ)θ_1 に近づこうとする，(ウ)θ_1 から離れようとする

。

θ_2 の場合にも同様にコイルにはたらく偶力のモーメントを考えてみると，小さな $\Delta\theta$ に対して，コイルの角度 θ は

(d)	(ア)変わらない，(イ)θ_2 に近づこうとする，(ウ)θ_2 から離れようとする

ことがわかる。以上のことから，コイルの角度 θ が

(e)	(ア)θ_1，(イ)θ_2

のとき，偶力のモーメントは角度のずれを減らす向きにはたらくので，このコイルの位置は安定といえる。

3 図1のように，なめらかに動くピストンがついたシリンダー内に1 molの理想気体が封入されている。ピストンおよびシリンダーは断熱材でできており，シリンダー内には気体の温度調節用の冷却装置が取り付けられている。気体の定積モル比熱はC_V〔J/(mol·K)〕，定圧モル比熱はC_p〔J/(mol·K)〕であり，気体定数をR〔J/(mol·K)〕とする。以下の文章中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(5)}$ に適切な数式を入れ，$\boxed{(あ)}$ は文章で答えよ。また，$\boxed{(i)}$，$\boxed{(ii)}$ は解答用紙中に作図し，$\boxed{(a)}$ ～ $\boxed{(c)}$ では末尾の選択肢から適切な語句を選び記号を○で囲め。

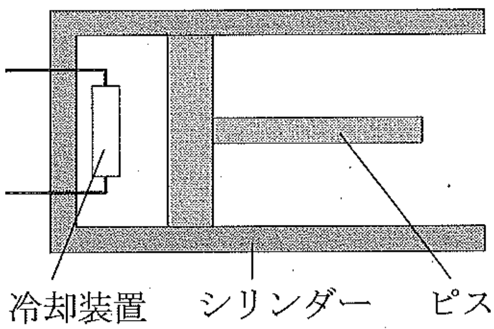

図1

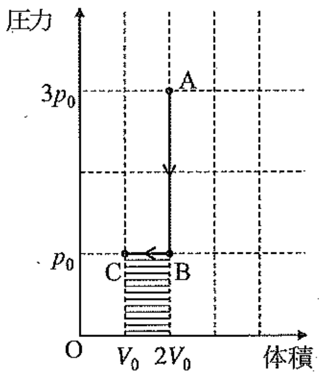

図2

問1 図2のように，圧力$3p_0$〔Pa〕，体積$2V_0$〔m^3〕の状態Aにある気体を冷却装置でゆっくり冷却することにより，体積一定のまま圧力p_0〔Pa〕の状態Bとした。状態Aの温度をT_A〔K〕，A→Bで気体が放出した熱量をQ_{AB}〔J〕とすると，T_Aは $\boxed{(1)}$ 〔K〕と表され，$Q_{AB} = \boxed{(2)} \times T_A$〔J〕となる。状態Bから圧力一定のままピストンをゆっくり押して，体積V_0〔m^3〕の状態Cとした。B→Cで気体が放出した熱量をQ_{BC}〔J〕，気体が外部からされた仕事をW_{BC}〔J〕とすると，$Q_{BC} = \boxed{(3)} \times T_A$〔J〕，$W_{BC} = \boxed{(4)} \times T_A$〔J〕となる。この仕事は図2において横線▤の領域の面積に対応している。A→Cでの気体の内部エネルギー変化をΔU_{AC}〔J〕とすると，熱力学第一法則よりΔU_{AC}と$Q_{AB} + Q_{BC}$，W_{BC}には，$\Delta U_{AC} = \boxed{(5)}$ の関係が成り立つ。この関係式と上の具体例を用いて，$C_p - C_V = R$となることを $\boxed{(あ)}$ に説明せよ。

問 2　状態AからCまでの変化で外部に仕事を取り出す過程を，図3を用いて考察する。図3には，シリンダー内の気体が状態AおよびCから等温変化する場合の圧力と体積の関係を表す曲線(等温線)が破線で示されている。

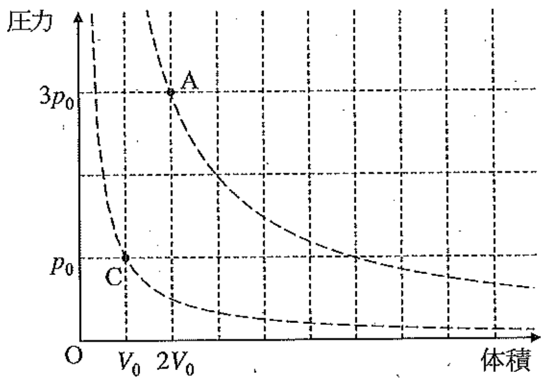

図3

状態Aからピストンをゆっくり引き，圧力がp_0となるまで気体を断熱膨張させた。この状態をDと呼ぶ。等温変化との圧力の大小関係がわかるように，A→Dでの圧力と体積の変化の概略を $\boxed{\text{(i)}}$ に実線で作図せよ。ただし，状態Dの体積の値は計算しなくてよい。つぎに，状態Dから圧力が一定となるように冷却装置で気体を冷却しながらピストンを押して，状態Cとした。この途中で体積が$2V_0$となる状態をD′と呼ぶ。A→D→D′で気体が外部にした仕事$W_{\mathrm{ADD'}}$〔J〕とD′→Cで外部からされた仕事$W_{\mathrm{D'C}}$〔J〕を表す面積に対応する領域を，$\boxed{\text{(ii)}}$ に斜線▨，横線▤でそれぞれ示せ。

一方，状態Aから状態Cと同じ温度まで気体を断熱膨張させた。この状態をEと呼ぶ。状態Eから温度一定のまま状態Cまで変化させ，この途中で体積が$2V_0$となる状態をE′と呼ぶ。A→E→E′で気体が外部にした仕事は，$W_{\mathrm{ADD'}}$と比べると $\boxed{\text{(a)}}$ 。また，E′→Cで外部からされた仕事は，$W_{\mathrm{D'C}}$と比べると $\boxed{\text{(b)}}$ 。したがって，A→E→Cで外部に取り出せた仕事は，A→D→Cで取り出せた仕事と比べると $\boxed{\text{(c)}}$ 。

選択肢　| (ア)　等しい，(イ)　大きい，(ウ)　小さい |