平成30年度　入学試験問題

医　学　部　(Ⅰ期)

理　科

注　意　事　項

1. 試験時間　平成30年1月26日，**午後1時30分から3時50分まで**
2. 配付した試験問題(冊子)，解答用紙の種類はつぎのとおりです。

(1) **試験問題**(冊子，左折り)(表紙・下書き用紙付)

化学(その1)，(その2)

生物(その1)，(その2)

物理(その1)，(その2)

(2) **解答用紙**

化学(その1)　1枚(上端赤色)(右肩落し)

〃 (その2)　1枚(上端赤色)(左肩落し)

生物(その1)　1枚(上端緑色)(右肩落し)

〃 (その2)　1枚(上端緑色)(左肩落し)

物理(その1)　1枚(上端青色)(右肩落し)

〃 (その2)　1枚(上端青色)(左肩落し)

以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。

3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは，試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し，試験終了10分前からの退場は許可しません。
5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し，監督者の指示に従って下さい。
6. 休憩のための途中退室は認めません。
7. 退場の際は，この試験問題(冊子)を一番上にのせ，挙手し，監督者の許可を得てから，試験問題(冊子)，受験票，下書き用紙および所持品を携行の上，退場して下さい。
8. 試験終了のチャイムが鳴ったら，直ちに筆記をやめ，おもてのまま上から解答用紙〔選択した2分野の解答用紙，計4枚，化学(その1)，化学(その2)，生物(その1)，生物(その2)，物理(その1)，物理(その2)〕，試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても，指示があるまでは席を立たないで下さい。

9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

平成３０年度医学部選抜Ｉ期入学試験

問題文　訂正

物理（その2）

$\boxed{3}$　（５）

（誤）　5.0×10^{-8}m,　6.0×10^{-8}m

（正）　5.0×10^{-7}m,　6.0×10^{-7}m

※訂正があるので、板書書きをしたうえで、
アナウンスをしてください。聞き取れなかったと質問された場合は、この用紙を見せて口頭で話さないでください。

物　理（その１）

1　以下の問いに答えなさい。

A　図１に示す極く薄い物質で出来た円錐の内部における円錐振り子を考える。長さ ℓ のひもの先に質量 m の小球をつけて水平面上で半径 r の円運動を行わせた。小球は円錐内部面に接触しながら，角速度 ω で回転している。円錐の内側表面はなめらかである。ひもは伸び縮みせず，その質量は無視できるほど小さい。円錐の母線は水平面と角度 θ をなす。重力加速度の大きさを g とする。このとき以下の問いに答えなさい。なお設問(1)~(3)の答えは文字式で表しなさい。設問(4)の答えは単位を含む数値で答えなさい。

(1)　ひもの張力の大きさを求めなさい。

(2)　円錐内側表面が小球に加える抗力の大きさを求めなさい。

(3)　角速度の大きさが減少すると，小球は円錐の内側面を離れる。そのときの角速度の大きさを求めなさい。

(4)　角速度が設問(3)の値のとき，小球が描く円軌道の半径は 0.300 m であった。ひもの長さ ℓ を 1.30 m としたとき，小球が行う円運動の周期を数値計算して求めなさい。このとき $g = 9.80\ \mathrm{m/s^2}$ としなさい。また $2.5^{\frac{1}{4}} \fallingdotseq 1.26$ であることを使いなさい。

B　宇宙には超高速で自転していて，その自転周期が実際に観測されている特異な天体がある。自転の周期がわかっているので，その天体の密度を以下のようにして推し量ることができる。ただしこの天体は一様な密度 d を持つ半径 r の球形をしていると仮定する。このとき以下の問いに答えなさい。

(1)　以下の文章の $\boxed{}$ のうち(a), (b), (d), (e)に当てはまる適当な文字式を，また(c)に当てはまる適当な式をそれぞれ解答欄の所定の位置に記しなさい。なお万有引力定数を G とする。

　いま，この天体の赤道上に静止している小物体Ａを考える（図２参照）。この小物体の質量を m とする。Ａは天体本体（天体本体の質量を M とする）からの万有引力と抗力 N を受けて等速円運動を行っている。よってＡが行う回転運動の運動方程式は以下のようになる。ただしＡの速さを v とする。

$$m\frac{v^2}{r} = \boxed{\text{(a)}} \qquad (1)$$

Ａの速さ v はこの天体の自転周期 T および半径 r を使って次のように表される。

$$v = \boxed{\text{(b)}} \qquad (2)$$

Aがこの天体の一部を構成し続けているためには抗力Nについて次の条件式が必要である。すなわち，

$$\boxed{\text{(c)}} \tag{3}$$

また天体が一様な密度dをもっているものと仮定すると，天体の質量Mは以下のように表すことができる。

$$M = \boxed{\text{(d)}} \tag{4}$$

以上の式を使うことにより，この天体の密度についてπ，GおよびTを用いて以下の式を得ることができる。

$$d > \boxed{\text{(e)}} \tag{5}$$

(2) 下表にいくつかの物質および天体のおおよその密度を示す。上の天体の周期が1.19×10^{-3} sとしたら式(5)から，この天体の密度は下表にあるどの物質あるいは天体と同程度と考えられるか。記号で答えなさい。なお万有引力定数Gの値を6.67×10^{-11} N･m^2/kg^{2}としなさい。

記号	種類	密度(kg/m^3)
(イ)	空気	1.2
(ロ)	水	1.0×10^3
(ハ)	地球の中心部	9.5×10^3
(ニ)	金	1.9×10^4
(ホ)	太陽の中心部	10^5
(ヘ)	白色わい星	$10^8 \sim 10^{15}$
(ト)	原子核内部	$10^{16} \sim 10^{17}$

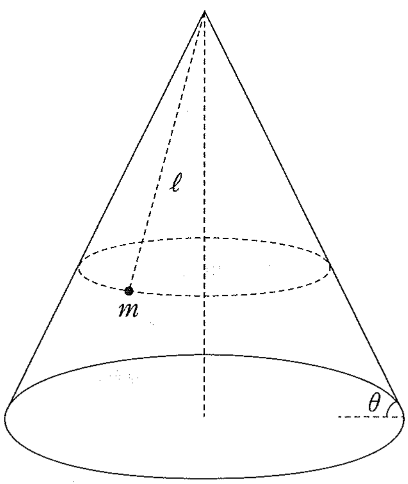


図1

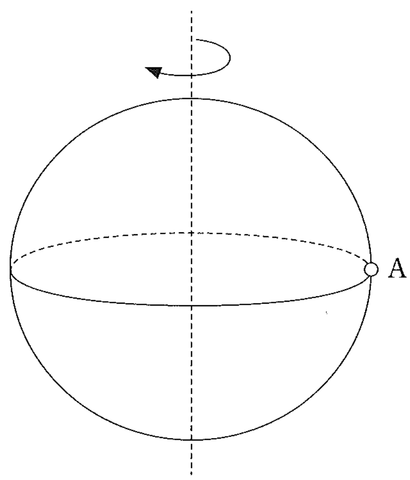


図2

2 以下の文章を読み，問いに答えなさい。

大気中の二酸化炭素には炭素12(^{12}C)とよばれる通常の炭素以外に，炭素14(^{14}C)という $\boxed{\text{(ア)}}$ 同位体が含まれている。大気中の^{12}Cに対する^{14}Cの比率$\alpha = \dfrac{^{14}\text{Cの個数}}{^{12}\text{Cの個数}}$は長期にわたり一定に保たれている。植物の組織内にも同じ比率で^{12}Cと^{14}Cが存在する。しかし植物が枯れたり，伐採されると炭素は取り込まれなくなり，^{14}Cはβ崩壊していくので死んだ植物内でαは時間とともに減少する。この核反応式は下のようになる。

$$^{14}_{6}\text{C} \rightarrow \boxed{\text{(a)}} + \boxed{\text{(b)}} \qquad \text{(A)}$$

この崩壊のありさまは次のように考えてみることができる。いま野球場に6万人の人間が入っている。彼らは全員サイコロを持っていて1分おきに一斉にそれを振る。もしも1の目が出たらその人は野球場から退場する。サイコロの目の出る確率がすべて等しいとしたら，1分ごとに人間がおよそ$\dfrac{5}{6}$の割合に減っていく事がわかる。どの人が野球場に残るのかは予想がつかないが人数は図に示すように減少する。

原子核の崩壊も野球場に残っている人数変化のように起こり，最初の原子核の数Nは減り続ける。崩壊は

$$\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = -kN \qquad \text{(B)}$$

という式に従うと考えられる。ここでkは原子核ごとに決まった一定値を取る崩壊を特徴づける定数である。これにより，ある時刻に存在した原子数がN_0個とすると時間tの$N(t)$は次のようになる。

$$N(t) = \boxed{\text{(c)}} \qquad \text{(C)}$$

原子数が最初の半数$\dfrac{N_0}{2}$になるまでの時間をTとすると定数kはTと$\log_e 2$を用いて

$$k = \boxed{\text{(d)}} \qquad \text{(D)}$$

と表すことができる。このkを用いると式(C)はN_0，T，tを使って

$$N(t) = \boxed{\text{(e)}} \qquad \text{(E)}$$

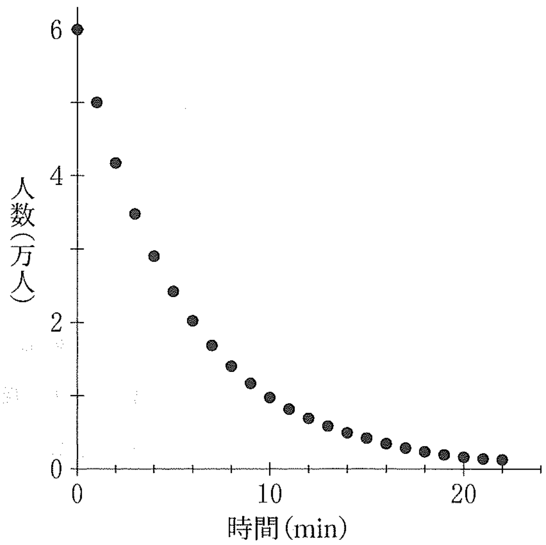
と変形できる。この式から最初N_0個あった原子が時間Tごとに半減していくことがわかる。そこで時間Tを $\boxed{\text{(イ)}}$ という。

(1) 文章中の $\boxed{}$ の(ア)(イ)に入るもっとも適当な語句を解答欄に記しなさい。

(2) 核反応式(A)を完成させなさい。ただし(a)には崩壊してできた原子核を，$^{14}_{6}$Cのように質量数と原子番号を添えて書き入れなさい。また電子，陽子，中性子および電磁波を表す記号をそれぞれe^-，p，nおよびγとして，いずれかを(b)に入れなさい。なお式(A)の右辺にはさらに反ニュートリノという電気量が0，質量はほかの粒子に比べはるかに小さい物質が入る。しかしこの物質はこの問題で問われていることとは全く関係しないので，記載していない。

(3)　式(C)，(D)および(E)にある $\boxed{}$ の(c)，(d)および(e)に当てはまる数式を書き入れなさい。必要なら下の【参考】を参照しなさい。

(4)　古代の遺跡から出土した土器に付着していた穀物に含まれる炭素14の比率 α がもとの比率の $\frac{3}{5}$ であった。この穀物が収穫されたのは今から何年前か。ただし炭素14の $\boxed{\text{(イ)}}$ を 5.70×10^3 年としなさい。なお $\log_{10} 2 = 0.3010$，$\log_{10} 3 = 0.4771$ としなさい。



【参考】　自然対数の底 e を使った x の関数である指数関数 e^{ax} は以下の二式を満たす。ただし $a(\neq 0)$ は x に依らない定数で，C は積分定数である。

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x} e^{ax} = ae^{ax}$$

$$\int e^{ax}\,\mathrm{d}x = \frac{1}{a} e^{ax} + C$$

物　理（その2）

3 図のように，空気中(その屈折率を1とする)に厚さがdで屈折率nの薄膜(ただし$n > 1$)を置き，空気中から波長λの正弦波の単色平行光線を入射角θで入射させた。薄膜に入射，屈折し，Dの空気との境界で反射する経路A → C → D → E → Fをとる光と，薄膜で反射する経路B → E → Fをとる光の干渉を考える。このとき以下の問いに答えなさい。

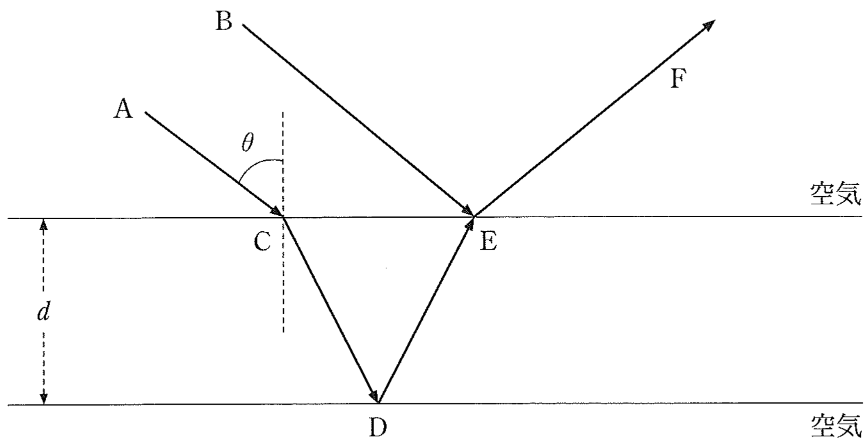
(1) 薄膜の中における光の波長はいくらか。

(2) 二つの光線による光路差をd，θ，nを用いて示しなさい。

(3) 二つの光線の反射による位相の変化量の差はいくらか。

(4) Fの方向から見た光が最も弱くなる条件を示しなさい。ただし必要なら自然数として$m = 1, 2, 3, \cdots$を使いなさい。

(5) 厚さdを求めるため光を垂直に入射させ，光の波長を変化させたところ，反射光の明暗が変化した。波長が5.0×10^{-8} mのときに反射光が暗くなり，波長を少しずつ大きくしていき，6.0×10^{-8} mの時に再び暗くなった。薄膜の屈折率nを1.7としてdを求めなさい。



4 ダイオードに関する以下の問いに答えなさい。

A 図1に示される電流(I)—電圧(V)特性をもつ半導体ダイオードD，内部抵抗の無視できる直流電源E，抵抗値100Ωの抵抗R，電気容量30.0 pFのコンデンサーC，スイッチSを用い，図2のような回路を構成した。なお，設問(1)，(2)および(3)はスイッチを開いた状態で行った。図1に示すようにダイオードに流れるIは，$V \leqq 0$ Vでは0であり，0 V $\leqq V$ではOとPを通る直線に沿って変化をするものとし，OとPの座標(V, I)はそれぞれO(0 V, 0 mA)とP(1.00 V, 50.0 mA)である。いずれの解答にも単位を記入しなさい。

(1) 直流電源Eの電圧Eを3.00 Vにしたとき，ダイオードDの両端間電圧とDで消費される電力を求めなさい。

(2) 電源Eの電圧を$0 \leqq E \leqq 5.00$ Vの範囲で変えたときダイオードDを流れる電流IがEとともにどう変わるかを解答欄のグラフに書き入れなさい。

(3) 電源を図3に示すような最大値5.00 Vを持つ交流電源に交換した。この時，抵抗Rに流れる電流(I)の時間(t)変化を解答欄のグラフに図示しなさい。なお，図2中の→方向を電流の流れる正の向きとする。

(4) 設問(1)の状態からスイッチSを閉じて十分に時間がたった。この時，コンデンサーCに蓄えられた電気量ならびに静電エネルギーを求めなさい。

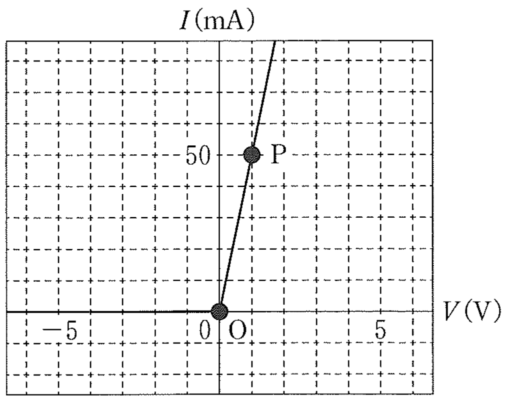


図1

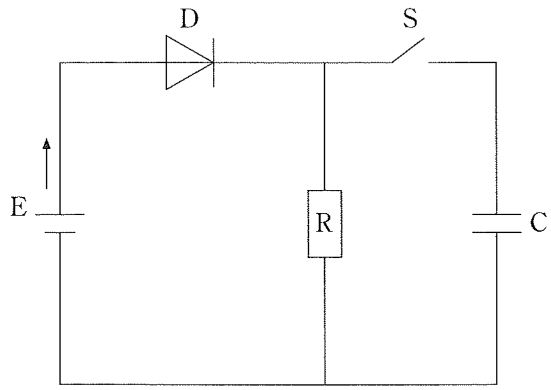


図2

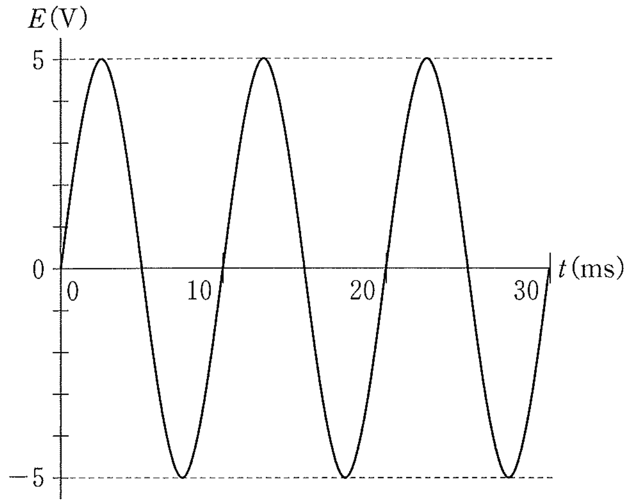


図 3

B 抵抗 R に図 4 のような電流が流れた。**A** と同じ特性のダイオードだけを用いて，このような電流を得るために図 5 の破線内に回路図を完成させなさい。ただしダイオードは複数個用いて構わない。

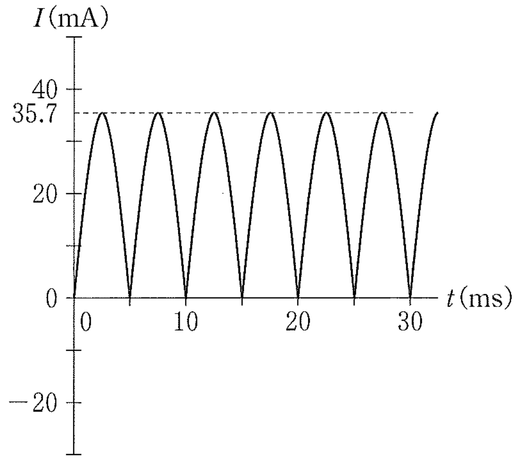


図 4

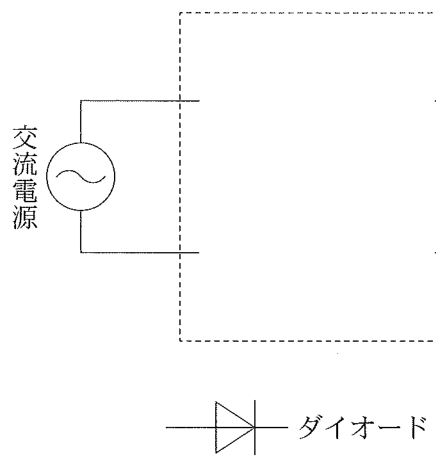


図 5