選択科目

(医　学　部)

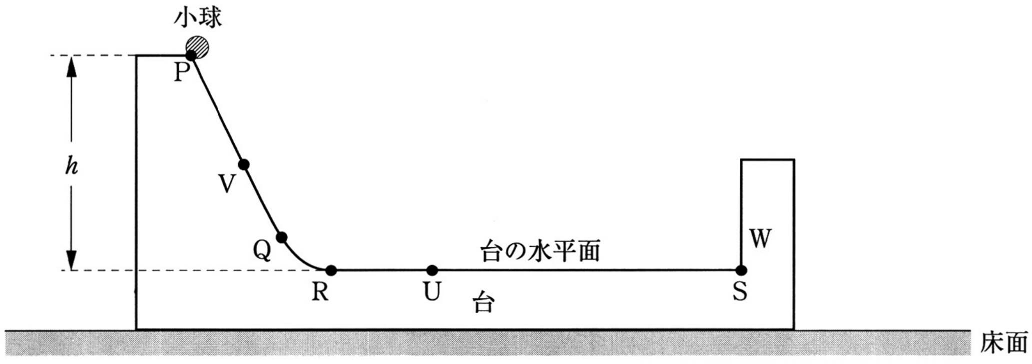
― 2月6日 ―

物　理
化　学
生　物

この中から１科目を選択して解答しなさい。

科　目	問題のページ
物　理	1～6
化　学	7～10
生　物	11～17

1 図のように，頂点Pから点Qにいたる斜面と水平面RS，および点Sにおいて水平面に対して垂直な壁Wをもつ質量Mの台が，滑らかで水平な床面の上に静止している。点Qと点Rは滑らかにつながっている。また，頂点Pは図のように台の水平面RSから鉛直高さhの位置にある。この台の頂点Pから，大きさが無視できる質量mの小球を静かにはなす。小球と台との間，および台と床面との間に摩擦はないものとする。図中において，点Uは台の水平面上の一点である。なお，小球が台上を運動するとき，小球が台上から離れることはなく，台が傾くこともないものとする。小球と壁Wとの衝突のはねかえり係数をe，重力加速度の大きさをgとして，次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。



(1) 点Pで静かにはなされた小球が斜面PQ及び曲面QRに沿ってすべりおりて，最初に点Uに到達したときの，小球と台のそれぞれの床面に対する速度を求めなさい。ただし，速度は右向きを正にとるものとする。

(2) 台をすべりおりた小球は水平面を通過した後に台の右側の壁Wに衝突して再び点R方向へはね返った。壁Wで衝突した直後の小球と台のそれぞれの床面に対する速度を求めなさい。ただし，速度は右向きを正にとるものとする。

(3) 最初に小球が斜面PQおよび曲面QRに沿ってすべりおりたのち，点Uから壁Wに到達するのに要する時間をT_1，壁Wで衝突した直後から点Uに到達するまでに要する時間をT_2とする。T_2はT_1の何倍となるか求めなさい。

(4) 小球は壁Wで最初に衝突した後，点Rを通り過ぎて再び台の斜面に沿って登り，斜面上の点Vまで到達した後，再び斜面をすべりおりた。点Vの台の水平面からの鉛直高さを求めなさい。

(5) 点Vの台の水平面からの鉛直高さがhの$\frac{1}{4}$となったとき，小球と壁Wとの衝突のはねかえり係数eはいくらか求めなさい。

〔解答群〕

(1) ア．小球 $\sqrt{\dfrac{2ghm}{M+m}}$　台 $-\dfrac{M}{m}\sqrt{\dfrac{2ghm}{M+m}}$　イ．小球 $\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$　台 $-\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$

ウ．小球 $\sqrt{\dfrac{ghM}{M+m}}$　台 $-\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{ghM}{M+m}}$　エ．小球 $\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$　台 $-\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$

オ．小球 $\sqrt{\dfrac{2ghm}{M+m}}$　台 $-\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{2ghm}{M+m}}$

(2) ア．小球 $-e\sqrt{\dfrac{2ghm}{M+m}}$　台 $e\dfrac{M}{m}\sqrt{\dfrac{2ghm}{M+m}}$　イ．小球 $-e\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$　台 $e\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$

ウ．小球 $-e\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$　台 $e\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$　エ．小球 $-\dfrac{1}{e}\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$　台 $\dfrac{1}{e}\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{2ghM}{M+m}}$

オ．小球 $-\dfrac{1}{e}\sqrt{\dfrac{ghM}{M+m}}$　台 $\dfrac{1}{e}\dfrac{m}{M}\sqrt{\dfrac{ghM}{M+m}}$

(3) ア．$\dfrac{1}{e^2}$　イ．$\dfrac{m}{eM}$　ウ．$\dfrac{M}{em}$　エ．$\dfrac{em}{M}$　オ．$\dfrac{1}{e}$

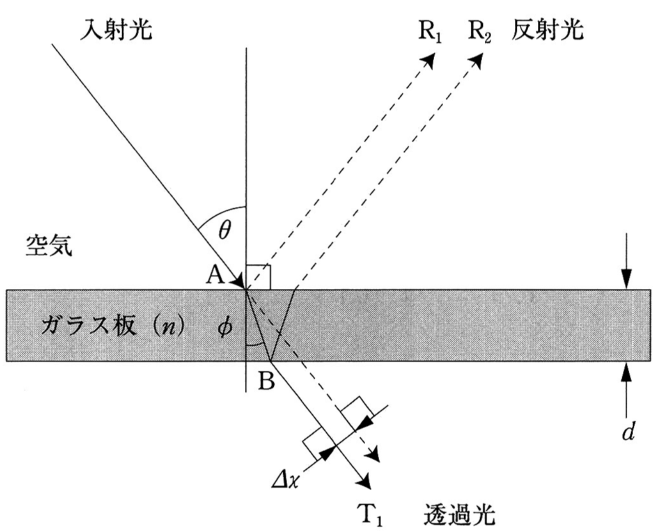
(4) ア．$\dfrac{e^2mh}{M}$　イ．eh　ウ．e^2h　エ．$\dfrac{m}{eM}h$　オ．$\dfrac{eMh}{m}$

(5) ア．0.25　イ．0.5　ウ．0.75　エ．0.1　オ．1

2 次の文章中にある空欄（　1　）〜（　7　）に式を入れ文章を完成させなさい。答は各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び解答欄の記号にマークしなさい。

図のように空気中に置かれた屈折率が n，厚さが d の平行平板状のガラス板に，波長 λ の光が A 点に角 θ で入射している。ガラス板の内部での屈折角を ϕ とすると入射光と屈折光の間には（　1　）のような関係が成り立つ。次に，ガラス板がある場合と，無い場合では透過光の位置はずれることがわかる。このずれの量 Δx はガラス板の厚さ，入射角，屈折率によって決まり，（　2　）となる。

ガラス板の表面 A 点での反射光 R_1 と，ガラス板の裏面 B 点での反射光 R_2 の間には光路差（　3　）が生じる。R_1 と R_2 が干渉し，この光路差が（　4　）と等しいときにはお互いに強め合い，（　5　）と等しいときにはお互いに弱め合う。ただし，m は次数である。



図

ここで，ガラス板の表面での反射光を少なくするために，ガラス板入射側表面に屈折率 n_1（ただし，$n_1 < n$），厚さ d_1 の薄い膜（薄膜）をつけた。薄膜表面での反射光とガラス板と薄膜の境界面での反射光が，互いに弱めあう条件は（　6　）（m は次数）となる。ここで，例えば，垂直に入射する光について考えると，波長 $\lambda = 6.0 \times 10^{-7}$ m，ガラス板の屈折率 1.6，薄膜の屈折率 1.5 とすると反射光が弱め合う最も薄い薄膜の厚さは（　7　）m となる。

〔解答群〕

(1) ア．$n\sin\theta = \sin\phi$　　イ．$\dfrac{\cos\theta}{n} = \sin\phi$　　ウ．$\cos\theta = \dfrac{\sin\phi}{n}$　　エ．$\sin\theta = n\cos\phi$
オ．$\sin\theta = n\sin\phi$

(2) ア．$2d\sin\theta$　　イ．$d\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}\right)$　　ウ．$d\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{1-\sin^2\theta}}\right)\sin\theta$　　エ．$d\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}\right)\sin\theta$

オ．$d\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n-\sin\theta}}\right)\sin\theta$

(3) ア．$2d\sqrt{n^2-\sin^2\theta}$　　イ．$\dfrac{d}{2}\sqrt{n^2-\sin^2\theta}$　　ウ．$2d\sqrt{1-n^2\sin^2\theta}$　　エ．$d\sqrt{n^2-\sin^2\theta}$
オ．$2nd\sqrt{1-\sin^2\theta}$

(4) ア．$m\lambda$　　イ．$\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　　ウ．$(2m-1)n\lambda$　　エ．$\left(m+\dfrac{1}{2}\right)n\lambda$　　オ．$(2m+1)n\lambda$

(5) ア．$m\lambda$　　イ．$\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　　ウ．$(2m-1)n\lambda$　　エ．$\left(m+\dfrac{1}{2}\right)n\lambda$　　オ．$(2m+1)n\lambda$

(6) ア．$2n_1d_1\cos\theta = \left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　　イ．$\dfrac{nd\sin\theta}{n_1d_1\sin\phi} = 2m\lambda$　　ウ．$2d_1\sqrt{n_1^2-\sin^2\theta} = \left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$

エ．$2d_1\sqrt{n_1^2-\sin^2\theta} = 2m\lambda$　　オ．$2d_1\sqrt{\dfrac{n_1-\sin\theta}{n_1+\sin\theta}} = \left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$

(7) ア．6.0×10^{-6}　　イ．6.3×10^{-6}　　ウ．1.0×10^{-7}　　エ．2.0×10^{-7}　　オ．6.3×10^{-7}

3　図1のように，磁場に垂直な面内で負電荷 $-e\ (e>0)$ をもった質量 m の電子が，点Oを中心とする半径 r_0 の円軌道をローレンツ力によって一定の速さで反時計回りに運動している。この電子を円軌道内の磁束を時間的に変化させることによって加速する方法について，以下の各問いに答えなさい。ただし，磁場は紙面裏から表向きにかけられ，その磁束密度 B は図2に示すように点Oからの距離 r に依存し，$r_1 < r_0$ として，$0 \leq r < r_1$ では一様な磁束密度 B_1，$r_1 \leq r$ では一様な磁束密度 B_0 とする。また，円周率は π とする。

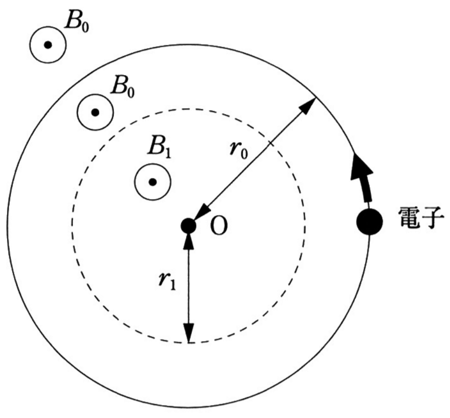


図1

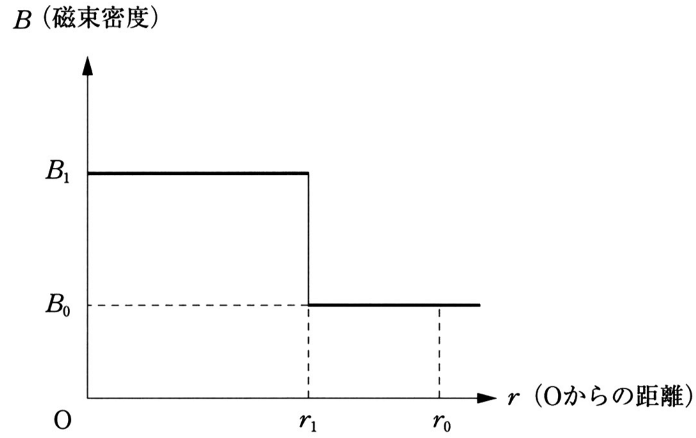


図2

(1)　電子が一定の速さ v_0 で円運動しているときの半径 r_0 を，m，v_0 を用いて求めなさい。

(2)　円軌道内の磁束を磁束密度 B_1，B_0 を用いて表しなさい。

円軌道内の磁束を増加させることによって円軌道に沿って誘導起電力を生じさせ，電子を加速することができる。

(3)　磁束を増加させる時間を Δt として，誘導起電力の大きさ V とそれによって生じる誘導電場の大きさ E を，ΔB_1 と ΔB_0 を用いて求めなさい。ただし，ΔB_1 と ΔB_0 は Δt の間の磁束密度 B_1 と B_0 の増加量を示す。

(4)　誘導電場によって電子に働く力 F の大きさを ΔB_1 と ΔB_0 を用いて求めなさい。

(5)　Δt の間に電子の増加する速度を Δv_0 として，Δv_0 を ΔB_1 と ΔB_0 を用いて求めなさい。

電子は加速される結果，その軌道半径は増大しようとする。軌道半径を r_0 に一定にしたまま加速するための条件を，実際の電子加速器ベータトロンの場合について求めてみよう。ベータトロンでは，r_1 をほぼ r_0 に近づけている。そこで以下では簡単のため，$r_1 = r_0$ とし，軌道上の磁束密度は B_0 のままとする。すなわち，円軌道内（面積 $\pi r_0{}^2$）の磁束密度は B_1，円軌道上の磁束密度は B_0 として計算しなさい。

(6)　軌道上の磁束密度の増加量 ΔB_0 を Δv_0 を用いて求めなさい。

(7)　このときの ΔB_0 と ΔB_1 の関係を求めなさい。

4 太陽光による熱を使って，薄くて黒い袋の中の空気をあたため膨張させ，袋の中の空気とその外の空気との密度の違いで生ずる浮力により浮かぶ風船を作ってみた。

空気を理想気体とみなし，空気のモル質量（1 mol あたりの質量）を M〔kg/mol〕，気体定数を R〔J/(mol・K)〕，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕として以下の各問いに答えなさい。ただし，太陽光により与えられた熱はすべて風船の中の空気を暖めることに使われ，袋自体は非常に薄いので，その体積は考えなくてもよいものとする。

はじめ，風船に V〔m^3〕の体積の空気を入れ，少しふくらませて密封した。このとき，風船に入れた空気とその外の空気の温度は同じ T〔K〕であった。袋は柔らかく自由に形が変わるので，風船の中の空気の圧力とその外の空気の圧力は常に等しく圧力 P〔Pa〕に保たれている。また，この袋自体の質量は風船の中にあった空気の質量の５分の１であった。

(1) 風船の中には何モルの空気があるか。

(2) 袋自体の質量と風船の中の空気の質量を合わせた質量は何〔kg〕か。

次に，この風船の中の空気は，太陽光による熱であたためられ，膨張した。この風船の体積が中の空気の膨張により，ある体積になったとき浮上を始めた。このとき，外の空気の温度は T〔K〕のままであった。

(3) 浮上を始める瞬間における風船の中の空気の温度は何〔K〕か。

(4) 浮上を始める瞬間までに風船の中の空気の膨張により風船が外部にした仕事は何〔J〕か。

(5) 浮上を始める瞬間までに太陽光により風船の中の空気に与えられた全熱量は何〔J〕か。
ただし，空気の定積モル比熱を C_V〔J/(mol・K)〕とする。