山梨大学

令和２年度入学者選抜試験問題

物理基礎・物理（後期日程）

（注意事項）

1．試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

2．試験開始の指示があったら，すぐに「試験問題並びに答案用紙」の種類と枚数が以下のとおりであることを確認し，受験番号をすべての用紙に記入してください。

（物理基礎・物理その１）～（物理基礎・物理その４）　各１枚　計４枚

3．「試験問題並びに答案用紙」の枚数が異なる場合や印刷が不鮮明な場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

4．問題の中で，（計算など）とあるところは計算，式，考え方など答えを導くのに必要なことを必ず書いてください。

5．「試験問題並びに答案用紙」の裏面を草案として使用しても構いませんが，採点の対象とはしません。

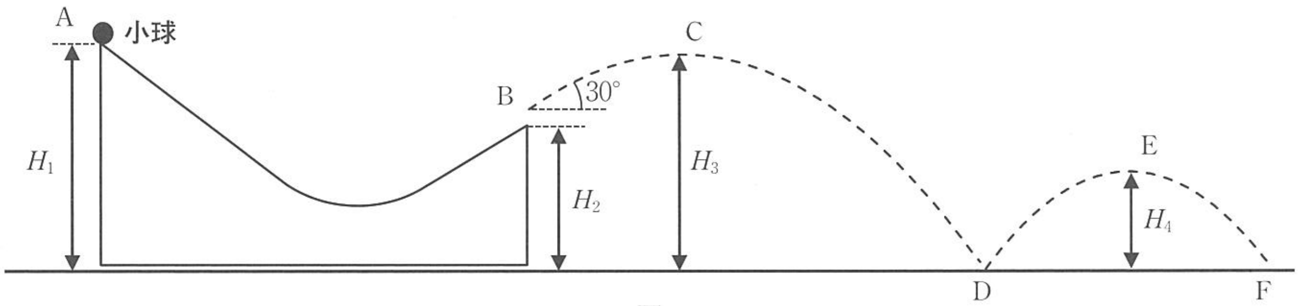
6．試験終了後，「試験問題並びに答案用紙」は，科目ごとにすべて回収します。上から（物理基礎・物理その１），（同その２），（同その３），（同その４）の順に，おもて面を上にして，ひろげた状態で用紙の上下を揃えて４枚重ねてください。異なる科目の答案用紙が混入しないように注意してください。

7．すべての確認作業が終了するまで着席していてください。

令和２年度入学者選抜試験問題並びに答案用紙（物理基礎・物理その１）　　— 後期 —

問題１　**図**のように，水平な床の上に２つの斜面が滑らかな曲線で繋がった両端の高さが異なる台が置かれている。なお，床からの高さ H_1 の位置が点A，H_2 の位置が点Bであり，台の質量は M である。

点Aの斜面上に質量 m の大きさの無視できる小球を置き，静かに離した。このとき重力加速度の大きさは g である。台と床の間および小球と床の間には摩擦力は働かないものとして以下の問いに答えよ。



図

(1)　小球は，点Bから斜め上方に30°の角度で飛び出す。このときの小球の速さ v_1 は台の速さの何倍か。

（計算など）

答

(2)　小球は，点Bから飛び出したのち，破線で示されるような放物線を描くように最高点Cまで上昇し，下降して点Dにて床と衝突する。点Cの高さ H_3 と，点Dで床に衝突する直前の小球の鉛直方向の速さ v_2 をそれぞれ求めよ。なお，小球が飛び出す速さ v_1 を用いて表せ。

（計算など）

答　H_3：　　　　v_2：

(3)　点Dから小球は再び上昇し，最高点Eに到達した。小球と床とのはねかえり係数を e としたとき，点Eの高さ H_4 を求めよ。

（計算など）

答

(4)　小球は再び床と点Fで衝突する。点Dから点Fまで小球が移動するためにかかる時間 t を求めよ。また，小球が１回衝突してから n 回衝突するまでにかかる時間 t_n を求めよ。なお，小球が飛び出す速さ v_1 を用いて表せ。

（計算など）

答　t：　　　　t_n：

受　験　番　号

小　計

令和２年度入学者選抜試験問題並びに答案用紙（物理基礎・物理その２）　　　— 後期 —

問題２　**図１**のように，極板面積 S，極板間隔 d，極板間が真空の平行板コンデンサーに，極板の面積と同じ面積で厚さ $d/2$ の誘電体が，左側の極板に接するように挿入されている。このとき，以下の問に答えよ。ただし，極板の面積は十分に大きく，電場はコンデンサーの外部に漏れていないものとする。また，真空の誘電率は ε_0，誘電体の誘電率は ε とする。

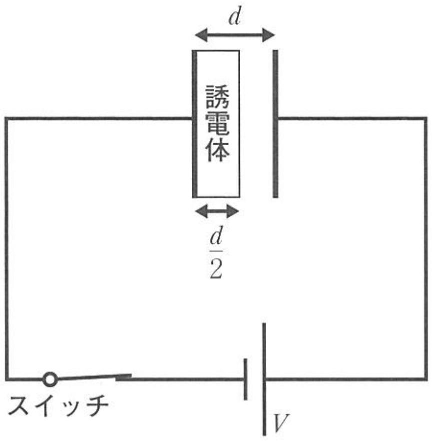


図１

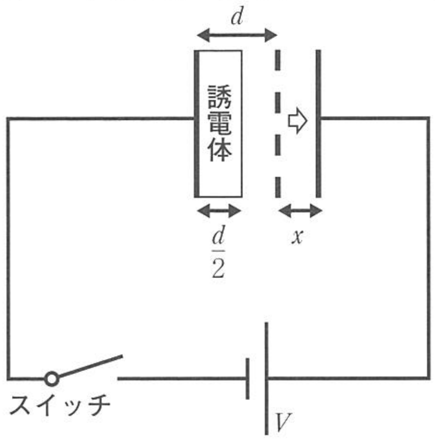


図２

(1)　コンデンサーの静電容量 C を求めよ。

（計算など）

答 ________________

(2)　**図１**のように，スイッチを閉じて，コンデンサーに電圧 V を加える。コンデンサーに蓄えられる電気量 Q と静電エネルギー U_1 を求めよ。

（計算など）

答　Q：________________　U_1：________________

(3)　**図２**にように，スイッチを切ったのち，コンデンサーに蓄えられている電荷が変化しないように，右側の極板を一定の力でゆっくりと外側に平行に動かした。右側の極板を x 動かしたときのコンデンサーの静電エネルギー U_2 を求めよ。

（計算など）

答 ________________

(4)　問(3)において，外力によって供給された静電エネルギーの増加分から，極板が電場から受ける力を求めよ。

（計算など）

答 ________________

受　験　番　号	小　計

問題３　理想気体の振舞いに関する以下の問に答えよ。

(1)　理想気体の圧力 p，体積 V，温度 T がわずかに変化してそれぞれ $p+\Delta p$，$V+\Delta V$，$T+\Delta T$ となったとする。理想気体の状態方程式を用いて，変化率 $\frac{\Delta p}{p}$，$\frac{\Delta V}{V}$，$\frac{\Delta T}{T}$ の間に成り立つ関係式を求めよ。ここで $\Delta p \Delta V$ など，複数の変化量の積は無視できるものとする。

（計算など）

答

(2)　理想気体を断熱変化させた時の体積の変化率と温度の変化率の間には $\frac{\Delta V}{V} = a\frac{\Delta T}{T}$（$a$ は定数）の関係式が成り立つ。a を定積比熱 C_V と理想気体定数 R で表せ。

（計算など）

答

(3)　問(1)と問(2)の結果を用いて，理想気体の断熱変化における圧力の変化率 $\frac{\Delta p}{p}$ と体積の変化率 $\frac{\Delta V}{V}$ の間の関係式を求めよ。

（計算など）

答

(4)　２つのゴム風船にそれぞれヘリウムガスと水素ガスを詰め，地上から上昇させた。ゴム風船は非常に膨らみ易く，風船内部の圧力と外部の大気圧の差は常に無視できるものとする。地上での２つの風船の体積は同じで，風船内の温度は外部の気温と同じであったとする。上空では地上よりも大気圧が低いためゴム風船は膨らむ。２つの風船が同じ高度まで上昇した時，どちらの風船の体積が大きいか，あるいは等しいか，以下の２つの場合(ア)，(イ)のそれぞれについて，理由とともに答えよ。

（ア）　ゴム風船が熱を伝えやすく，風船がゆっくりと上昇したため，風船内部の気体温度が外部の気温と同じになり，結果として２つの風船内部の気体温度が同じになる場合。

答

（イ）　ゴム風船が熱を伝えにくく，風船が高速で上昇したため，風船の内部と外部の間で熱のやりとりが無視できる場合。

答

受　験　番　号	小　計

令和２年度入学者選抜試験問題並びに答案用紙（物理基礎・物理その４）　　— 後期 —

問題４　同位相で空気中の波長λの平行光線が，**図１**のように間隔dの二重スリットを通り距離L離れたスクリーンに達して，明暗の干渉縞を作る。装置全体は空気中にあり，Lはdに比べて十分に大きく，二つのスリットの中点を通りスクリーンに垂直な直線とスクリーンとの交点をOとする。大きさが１より十分に小さい数xに対して$(1+x)^{1/2}=1+x/2$，$(1+x)^{-1}=1-x$，$\sin x=x$，$\tan x=x$，$\cos x=1-x^2/2$の近似式が成り立つとする。

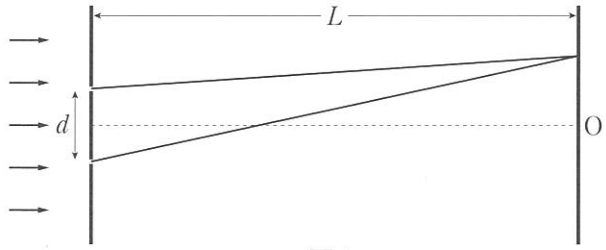


図１

(1)　点Oのとなりの明線と点Oの距離を求めよ。

答 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　**図２**のように，二つのスリットの真ん中に鏡を置き，片方のスリットを閉じた。点Oのとなりの明線と点Oの距離を求めよ。

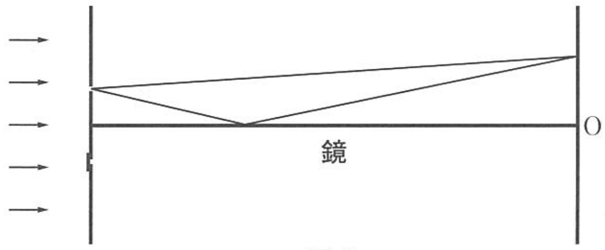


図２

答 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　**図３**のように，スリットとスクリーンの間の左半分の空間を，空気に対する相対屈折率n（$n>1$）の媒質Mで満たした。文中の□にあてはまる式を答えよ。

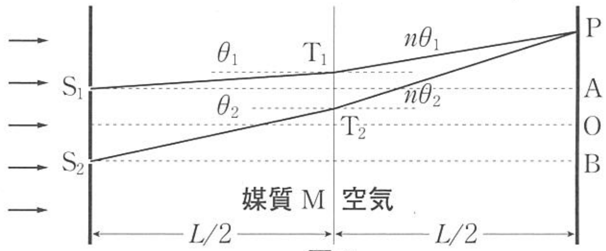


図３

スリットS_1，S_2を通った２本の光線が，Mと空気の境界面上の点T_1，T_2で屈折し，スクリーン上の点Pに到達する場合を考える。屈折点T_1，T_2での光線の入射角をそれぞれθ_1，θ_2とすると，θ_1，θ_2の大きさは１より十分に小さいので，屈折の法則に上記の近似式を使うと，T_1，T_2での屈折角はそれぞれ$n\theta_1$，$n\theta_2$となる（**図３**）。

点Oから距離$d/2$上方にあるスクリーン上の点をA，点Oより距離$d/2$下方にあるスクリーン上の点をBとする。上記の近似式を使うと，距離PAおよびPBについて，三角関数を使わない近似式

$$PA=(L/2)\tan\theta_1+(L/2)\tan n\theta_1=\boxed{①}\quad\text{および}\quad PB=(L/2)\tan\theta_2+(L/2)\tan n\theta_2=\boxed{②}$$

を得る。S_1T_1，T_1P，S_2T_2，T_2Pについても同様にして近似式

$$S_1T_1=(L/2)(\cos\theta_1)^{-1}=(L/2)(1+\theta_1^2/2),\qquad T_1P=(L/2)(\cos n\theta_1)^{-1}=(L/2)(1+n^2\theta_1^2/2),$$
$$S_2T_2=(L/2)(\cos\theta_2)^{-1}=(L/2)(1+\theta_2^2/2),\qquad T_2P=(L/2)(\cos n\theta_2)^{-1}=(L/2)(1+n^2\theta_2^2/2)$$

を得る。

経路S_2T_2Pを通過した光線の位相の変化量と経路S_1T_1Pを通過した光線の位相の変化量の差（位相差）を$\varDelta$とする。媒質M中の光線の波長がλの$\boxed{③}$倍であるので，S_1T_1，T_1P，S_2T_2，T_2Pに上の近似式を使うと，位相差$\varDelta$は

$$\varDelta=\boxed{④}$$

となる。

①と②から得られる関係式$d=(PB-PA)=\boxed{⑤}$　および　$OP=(PB+PA)/2=\boxed{⑥}$を使って，式④においてθ_1およびθ_2を消去し，$\varDelta$をπ，n，d，OP，λおよびLの式で表すと

$$\varDelta=\boxed{⑦}$$

となる。したがって，点Pが点Oのとなりの明線の場合，$OP=\boxed{⑧}$である。

答　①　　　②　　　③　　　④

⑤　　　⑥　　　⑦　　　⑧

受　験　番　号	小　計