

解 答 例
(物理基礎・物理)

受験番号					
------	--	--	--	--	--

総得点欄

問題 1

問 1 薄膜の絶対屈折率はガラスの絶対屈折率より小さく、空気の絶対屈折率より大きいので、光の位相は薄膜とガラスの境界面の反射では π ずれ、薄膜と空気の境界面の反射では変化しない。透過光が強め合うのは直接透過する光と薄膜内で反射後に透過する光の光路差が半波長の奇数倍のときであるため、薄膜の絶対屈折率を n 、薄膜の厚さを d 、光の波長を λ 、 m を 0 以上の整数 ($m = 0, 1, 2, \dots$) とすると、

$$2nd = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$$

最初に透過光の明るさが極大になるのは $m = 0$ のときなので、

$$n = \frac{\lambda}{4d} = \frac{6.0 \times 10^{-7}}{4 \times 1.0 \times 10^{-7}} = 1.5$$

問 2 音源は観測者に速さ v で近づくので、観測者が聞く音の振動数 f' はドップラー効果によって、

$$f' = \frac{V}{V - v} f$$

となる。したがって、観測者が聞く音の波長は

$$\lambda' = \frac{V}{f'} = \frac{V - v}{f}$$

となる。音源が静止しているときに観測者が聞く音の波長は $\lambda = V/f$ なので、

$$\lambda - \lambda' = \frac{v}{f}$$

となる。

採点欄

採点欄

得点欄

解 答 例
(物理基礎・物理)

受験番号					
------	--	--	--	--	--

問3 シリンダー外部と熱のやりとりがない気体の断熱変化のため、変化前後の気体の温度をそれぞれ T_0 , T_1 、体積をそれぞれ V_0 , V_1 とすると、

$$T_0 V_0^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$$

上式を T_1 について整理すると、

$$T_1 = \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma-1} T_0 = \left(\frac{LS}{2LS}\right)^{\gamma-1} T_0 = 2^{1-\gamma} T_0$$

また、熱力学第1法則より、断熱変化では気体がピストンにした仕事 W の分だけ内部エネルギーが減少するため、

$$W = nC_V(T_0 - T_1) = nC_V(T_0 - 2^{1-\gamma}T_0) = (1 - 2^{1-\gamma})nC_VT_0 \quad [\text{J}]$$

採点欄

得点欄

解 答 例
(物理基礎・物理)

受験番号					
------	--	--	--	--	--

問題 2

問 1 力学的エネルギー保存の法則より,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgr \quad (1)$$

となるので, $v_0 = \sqrt{2gr}$ である。

問 2 求める速さを v' とすると, 2つの小球が弾性衝突したことから, 反発係数は

$$-\frac{0 - v'}{v_0 - (-v_0)} = 1 \quad (2)$$

となるので, $v' = 2v_0$ である。すなわち, 求める速さは v_0 の 2 倍である。

問 3 運動量保存の法則より,

$$Mv_0 - mv_0 = m(2v_0) \quad (3)$$

となるので, $M = 3m$ である。すなわち, 求める質量は m の 3 倍である。

採点欄

採点欄

採点欄

得点欄

解 答 例
(物理基礎・物理)

受験番号					
------	--	--	--	--	--

問4 求める速さを v_C とすると、力学的エネルギー保存の法則より

$$\frac{1}{2}m(2v_0)^2 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgr(1 - \cos \theta) \quad (4)$$

となる。 $v_0 = \sqrt{2gr}$ であるので、

$$v_C = \sqrt{2gr(3 + \cos \theta)} \quad (5)$$

となる。

問5 求める垂直抗力の大きさを N とすると、中心方向の運動方程式は

$$m\frac{v_C^2}{r} = N - mg \cos \theta \quad (6)$$

となるので、式(5)を代入すると、

$$N = 3mg(2 + \cos \theta) \quad (7)$$

となる。

問6 式(7)より、 $0 \leq \theta \leq 180^\circ$ において $9mg \geq N \geq 3mg > 0$ となる。よって、 $\theta = 180^\circ$ の点である点Dまで到達する。

採点欄

採点欄

採点欄

解 答 例
(物理基礎・物理)

受験番号					
------	--	--	--	--	--

問題3

問1 原点Oにおいて、点Aの点電荷はx軸の正の向きに強さ $2kQ/a^2$ [N/C]の電場をつくり、点Bの点電荷はy軸の正の向きに強さ kQ/a^2 [N/C]の電場をつくる。これらの電場をベクトルとして合成すると、電場の強さは

$$\frac{\sqrt{5}kQ}{a^2} \text{ [N/C]}$$

問2 問1で求めた電場の強さおよびそのx成分より、

$$\cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

問3 原点Oにおける電位は、2つの点電荷がつくる電位の和であるので、

$$\frac{2kQ}{a} + \frac{kQ}{a} = \frac{3kQ}{a} \text{ [V]}$$

問4 $BP^2 = a^2 + p^2$ [m²]なので、点Bの点電荷が点Pにつくる電場の強さは

$$\frac{kQ}{a^2 + p^2} \text{ [N/C]}$$

問5 三角形OBPを考えて、

$$\cos \theta = \frac{p}{\sqrt{a^2 + p^2}}$$

採点欄

採点欄

採点欄

採点欄

採点欄

得点欄

解 答 例

(物理基礎・物理)

問6 点Bの点電荷が点Pにつくる電場の x 成分は

$$\frac{kQ}{a^2 + p^2} \cos \theta = \frac{kQp}{(a^2 + p^2)^{3/2}} \quad [\text{N/C}]$$

となる。点Cの点電荷についても同様である。よって、2つの点電荷を両方とも考えると、点Pにおける電場の x 成分 E_x は

$$E_x = \frac{2kQp}{(a^2 + p^2)^{3/2}} \quad [\text{N/C}]$$

問7 電気量 $-q$ [C] の物体が電場から受ける力の x 成分は

$$-qE_x = -\frac{2kqQp}{(a^2 + p^2)^{3/2}} \doteq -\frac{2kqQ}{a^3} p \quad [\text{N}]$$

問8 物体は、問7で求めたように、原点からの変位に比例する復元力を受ける。したがって、物体の行う運動は単振動である。比例係数 K

$$K = \frac{2kqQ}{a^3} \quad [\text{N/m}]$$

を用いて、単振動の周期 T は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi \sqrt{\frac{ma^3}{2kqQ}} = \pi \sqrt{\frac{2ma^3}{kqQ}} \quad [\text{s}]$$

と表せる。よって、原点Oに初めて到達するまでの時間は

$$\frac{T}{4} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2ma^3}{kqQ}} \quad [\text{s}]$$

採点欄

採点欄

採点欄

得点欄