

物 理 B

(全 問 必 答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。[解答番号 ～] (配点 20)

問1 図1のように、摩擦のある面上に質量 m の物体を静止させておき、右向きに大きさ F の力を加える。 F を大きくしていくとやがて物体は動き始める。このとき、 F と摩擦力の大きさ R との関係を示すグラフを、次の ~ のうちから一つ選べ。

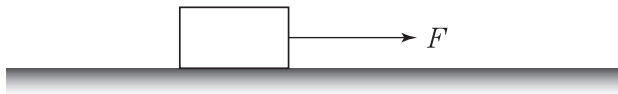
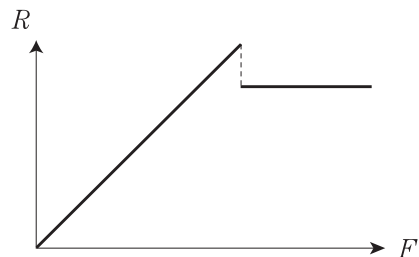
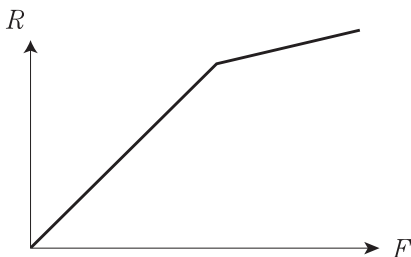
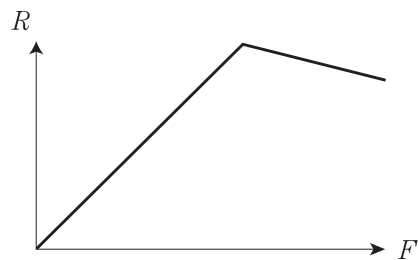
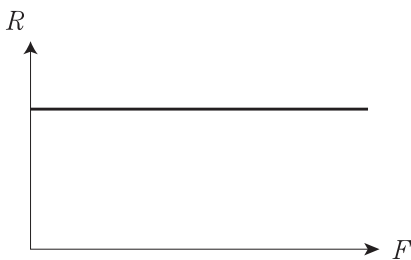


図 1



問2 自然長が l で、ばね定数が k のばねを半分に切断して、自然長が $\frac{1}{2}l$ のばねをつくった。このばねのばね定数はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 2

$$\frac{1}{2}k$$

$$k$$

$$2k$$

$$\frac{3}{2}k$$

問3 屈折率 n_1 の物質中から屈折率 n_2 の物質へ単色光を入射させると図2のように屈折した。これについて述べた次の文のうち、正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 3

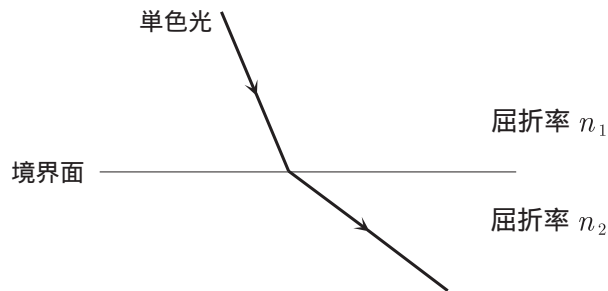


図 2

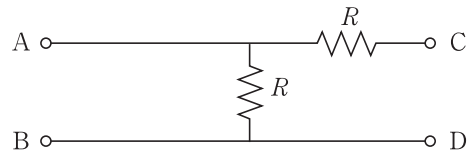
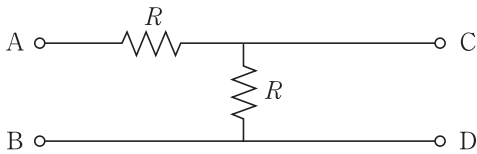
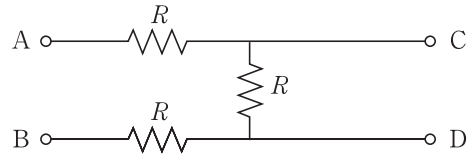
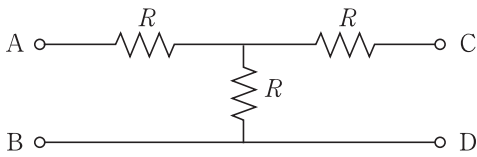
- $n_1 = n_2$ であり、境界面で振動数は変化する。
- $n_1 > n_2$ であり、境界面で振動数は変化する。
- $n_1 < n_2$ であり、境界面で振動数は変化する。
- $n_1 = n_2$ であり、境界面で振動数は変化しない。
- $n_1 > n_2$ であり、境界面で振動数は変化しない。
- $n_1 < n_2$ であり、境界面で振動数は変化しない。

物理 B

問4 図3のように端子 A, B, C, D をもつ箱があり, 中に抵抗値 R の電気抵抗 R を2個または3個用いた回路がはいている。端子 A, B に起電力 V の電池 E をつなぐと端子 C, D 間の電位差は $\frac{1}{2}V$ であり, 端子 C, D 間に電池 E をつなぐと端子 A, B 間の電位差は V であった。箱の中の回路として正しいものを, 次の ~ のうちから一つ選べ。ただし, 抵抗 R 以外の電気抵抗は無視できるものとする。 4



図 3



問5 ある古い木片に含まれる $^{14}_6\text{C}$ の $^{12}_6\text{C}$ に対する割合を測定したところ、生きている木での割合の 12.5% であった。 $^{14}_6\text{C}$ の半減期を 5.7×10^3 年とすると、この木片はおよそ何年前のものと推定できるか。正しいものを次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、空気中に含まれる $^{14}_6\text{C}$ の割合は常に一定に保たれているものとする。 年

1.6×10^3

2.9×10^3

5.7×10^3

1.1×10^4

1.7×10^4

2.3×10^4

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ~ 5] (配点 20)

図1のように、両端に壁があり、なめらかな面をもつ質量 M の台 A の右端に、質量 m の小物体 B を置き、A と B の間に小さな火薬をはさむ。この状態で小物体 B から壁までの距離は ℓ である。両物体ははじめ、なめらかな床の上を一定の速さ V で右向きに運動している。図2のように x 軸をとり、右向きを正の向きとする。台の右端が $x = 0$ に達した瞬間に火薬を爆発させると、小物体 B は壁にあたるまで 台 A から見て速さ u で運動した。このときの A, B の 床から見た速度 はそれぞれ v_A, v_B であり、 $v_B = 0$ とする。ただし、火薬の質量は無視でき、爆発の際に A, B には x 軸方向のみに力が加わるものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

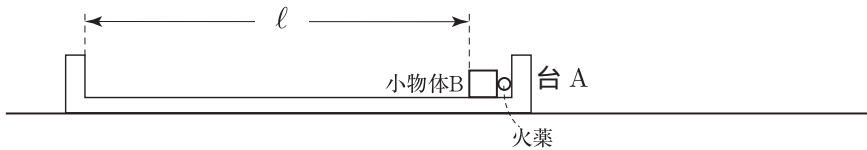


図 1

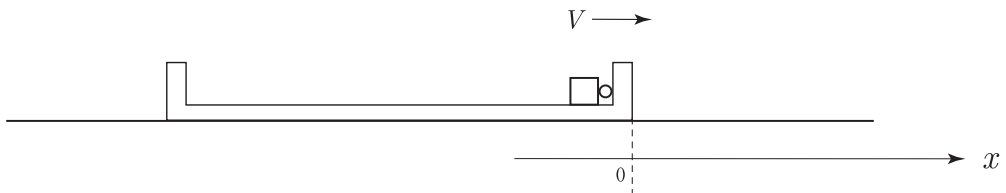


図 2

問1 v_A, v_B の関係はどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

1

$$v_B - v_A = u$$

$$v_B - v_A = -u$$

$$v_A + v_B = u$$

$$v_A + v_B = -u$$

$$v_A - v_B = u + V$$

$$v_A - v_B = u - V$$

問2 v_B はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$$v_B = 2$$

$$V + u$$

$$V - u$$

$$V + \frac{m}{M+m}u$$

$$V - \frac{m}{M+m}u$$

$$V + \frac{M}{M+m}u$$

$$V - \frac{M}{M+m}u$$

問3 火薬の爆発の際に台 A が受けた力積はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 3

$$M(V + u)$$

$$M(V - u)$$

$$\frac{Mm}{M+m}u$$

$$-\frac{Mm}{M+m}u$$

$$\frac{M^2}{M+m}u$$

$$-\frac{M^2}{M+m}u$$

物理 B

小物体 B はやがて台 A の左端の壁に衝突する(図 3)。この衝突は完全非弾性衝突であるものとして以下の問いに答えよ。

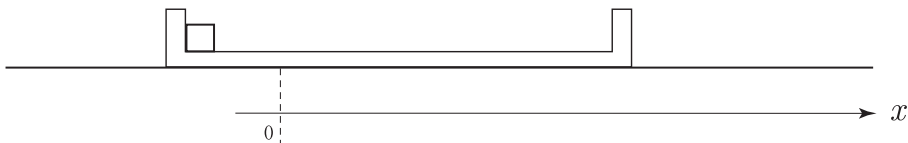


図 3

問 4 衝突直前の台 A の右端の x 座標はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 $x =$

$$\frac{v_A \ell}{u}$$

$$\frac{(v_A - v_B) \ell}{u}$$

$$\frac{(v_A + v_B) \ell}{u}$$

$$\frac{u \ell}{v_A}$$

$$\frac{u \ell}{v_B}$$

$$\frac{u \ell}{(v_A + v_B)}$$

問 5 衝突後、一体となった台 A と小物体 B の速度はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$$V - u$$

$$V + u$$

$$\frac{Mv_A + mv_B}{M}$$

$$\frac{Mv_A + mv_B}{m}$$

$$\frac{Mv_A + mv_B}{M + m}$$

$$\frac{Mv_A + mv_B}{M - m}$$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ~ 5] (配点 20)

図1のように床の上の点Pに質量 m の小物体が静止している。この床上のPQ間はなめらかな面で距離は L であり、QR間は摩擦がある面で距離は L である。以下では図2のように、この小物体に水平となす角 θ の向きに、一定の大きさの力 f を加え続け、小物体が点Pから点Rまで達するときの運動について考える。

ただし、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ で、物体の下面が床から浮き上がることはないものとする。また、小物体とQR間の床との動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。

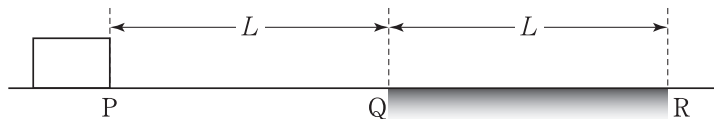


図 1

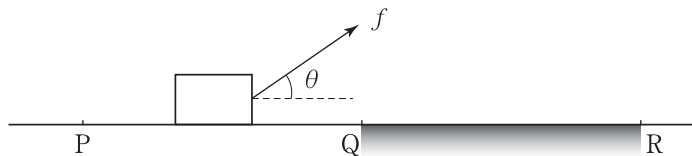


図 2

問1 小物体にはたらく垂直抗力の大きさ N はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 $N = \boxed{1}$

$$mg$$

$$mg - f \sin \theta$$

$$mg + f \sin \theta$$

$$mg - f \cos \theta$$

$$mg + f \cos \theta$$

$$mg - f \tan \theta$$

問2 小物体が点 Q に達した瞬間の速さ v はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 $v = \boxed{2}$

$$\sqrt{\frac{fL}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{2fL}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{2fL \sin \theta}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{fL \cos \theta}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{2fL \cos \theta}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{2fL \tan \theta}{m}}$$

問3 QR 間で摩擦力がした仕事 W はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、図の右向きを正とする。 $W = \boxed{3}$

$$\mu NL$$

$$-\mu NL$$

$$\mu fL$$

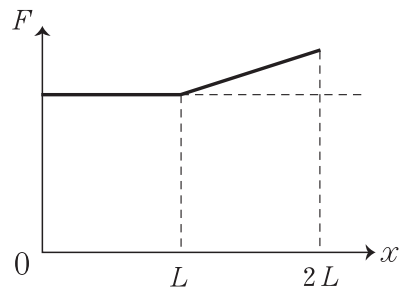
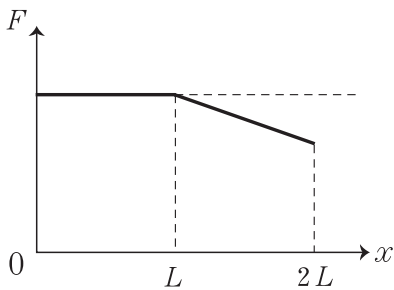
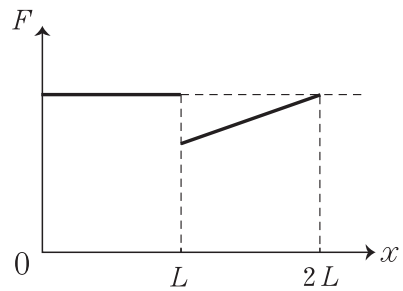
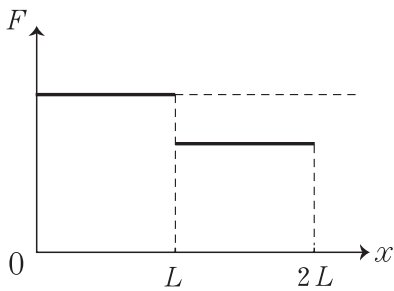
$$-\mu fL$$

$$\mu mgL$$

$$-\mu mgL$$

物理 B

問4 小物体の点 P からの距離を x ，小物体が受ける力の合力 F の関係を表したグラフはどうか。正しいものを，次の ~ のうちから一つ選べ。ただし，右向きを正とする。 4



問5 小物体が点 R に達した瞬間の速さ v' はいくらか。正しいものを，次の ~ から一つ選べ。 $v' =$ 5

$$\sqrt{v^2 + \frac{2fL}{m} + \frac{2W}{m}}$$

$$\sqrt{v^2 + \frac{2fL}{m} - \frac{2W}{m}}$$

$$\sqrt{v^2 - \frac{2fL}{m} + \frac{2W}{m}}$$

$$\sqrt{v^2 + \frac{2fL \cos \theta}{m} + \frac{2W}{m}}$$

$$\sqrt{v^2 + \frac{2fL \cos \theta}{m} - \frac{2W}{m}}$$

$$\sqrt{v^2 - \frac{2fL \cos \theta}{m} + \frac{2W}{m}}$$

第4問 次の各問い(問1～5)に答えよ。[解答番号 ～] (配点 20)

図1のように、断面積 S 、長さ L の抵抗に、電圧 V の電池がつながれている。この抵抗の中の自由電子の運動を調べることにより、電気抵抗の大きさについて考えよう。

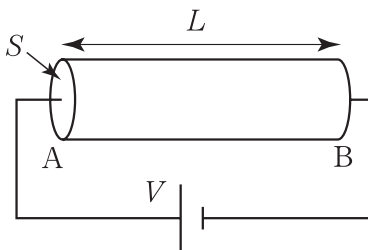


図 1

問1 この抵抗の中の自由電子は、抵抗内部にできる電場によって力を受け加速する。自由電子の電気量を $-e$ 、質量を m とすると、抵抗内における自由電子の加速度の向きと大きさはどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

A から B 向きへ $\frac{eV}{mL}$

B から A 向きへ $\frac{eV}{mL}$

A から B 向きへ $\frac{eLV}{m}$

B から A 向きへ $\frac{eLV}{m}$

A から B 向きへ $\frac{eL}{mV}$

B から A 向きへ $\frac{eL}{mV}$

問2 自由電子は抵抗内を運動すると問1の力の他に、速さに比例する抵抗力を受ける。この比例定数を k とすると、抵抗内での電子の平均の速さ v はどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 $v =$

$\frac{eV}{mL}$

$\frac{eV}{mkL}$

$\frac{eV}{kL}$

$\frac{eL}{kV}$

$\frac{kL}{eV}$

$\frac{kL}{meV}$

問3 抵抗内の単位体積あたりの電子の数を n とする。抵抗のある断面を単位時間に通過する電子数はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

3

$$\frac{vn}{S} \quad \frac{Sv}{n} \quad \frac{evn}{S} \quad vSn \quad vSne \quad vnL$$

問4 問3より電流を求めて、これとオームの法則を比較すると抵抗を求めることができる。このように求めた抵抗について述べたものとして正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

4

抵抗は断面積に比例、長さに反比例し、材質などによって決まる抵抗率は $\frac{k}{e^2n}$ である。

抵抗は長さに比例、断面積に反比例し、材質などによって決まる抵抗率は $\frac{k}{e^2n}$ である。

抵抗は断面積に比例、長さに反比例し、材質などによって決まる抵抗率は $\frac{e^2n}{k}$ である。

抵抗は長さに比例、断面積に反比例し、材質などによって決まる抵抗率は $\frac{e^2n}{k}$ である。

抵抗は断面積に比例、長さに反比例し、材質などによって決まる抵抗率は $\frac{n}{e^2k}$ である。

抵抗は長さに比例、断面積に反比例し、材質などによって決まる抵抗率は $\frac{n}{e^2k}$ である。

物理 B

問5 図2のように、材質が異なり、長さと同断面が等しい抵抗2つを接続する。このようにつなげば、抵抗には同じ電流が流れることになる。ここで、単位体積あたりの電子数をそれぞれ n_1 、 n_2 、電子の速度を v_1 、 v_2 とすれば、これらの間の関係式はどうか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 5

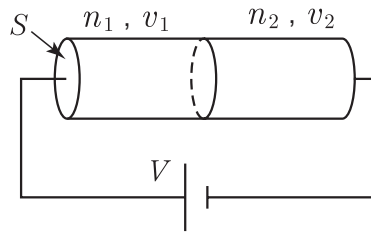


図 2

$$\begin{array}{ll} n_1 \times n_2 = v_1 \times v_2 & n_1 \times v_2 = n_2 \times v_1 \\ n_1 \times v_1 = n_2 \times v_2 & n_1 = n_2, v_1 = v_2 \end{array}$$

第5問 次の各問い(問1～5)に答えよ。[解答番号 ～] (配点 20)

図1のように、薄い厚さ d の媒質 を、媒質 と媒質 ではさんである。それぞれの境界面は平行になっている。各媒質の屈折率は媒質 が $n_1 = 1$ 、媒質 が n_2 、媒質 が n_3 で、 $n_3 > n_2 > 1$ である。媒質 から波長 λ の単色光を垂直に入射させてこの光について調べた。

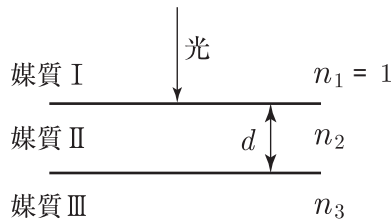


図 1

問1 媒質 中の光の波長はいくらか。正しいものを、次の ～ のうちから一つ選べ。

- λ $n_2\lambda$ $\frac{\lambda}{n_2}$

問2 光は境界面で反射するとき位相がずれることがある。媒質 から媒質 へ向かうときの反射光と媒質 から媒質 へ向かうときの反射光ではそれぞれ位相はどうなるか。正しいものを、次の ～ のうちから一つ選べ。

媒質 から媒質 へ向かうときは ずれて、媒質 から媒質 へ向かうときはずれない。

媒質 から媒質 へ向かうときはずれないが、媒質 から媒質 へ向かうときは ずれる。

両方の反射ともに位相が ずれる。

両方の反射ともに位相はずれない。

この条件では特定できない。

問3 媒質 側から見た反射光が干渉して強めあって見えるときの媒質 の厚さ d と、光の波長 λ との関係式はどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots$ とする。 3

$$2n_2d = m\lambda \qquad 2n_2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad 2d = mn_2\lambda$$

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)n_2\lambda \qquad n_2d = m\lambda \qquad n_2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

問4 この光を、媒質 側から透過光として観測するとき、強めあって見える最小の媒質 の厚さはいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 4

$$\frac{\lambda}{2n_2} \qquad \frac{\lambda}{4n_2} \qquad \frac{\lambda}{n_2} \qquad \frac{n_2\lambda}{2} \qquad \frac{n_2\lambda}{4} \qquad n_2\lambda$$

問5 次に、媒質 からの入射光を入射角 で境界面に当てると図2のように進む光が干渉した。この光が強めあう条件はどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots$ とする。 5

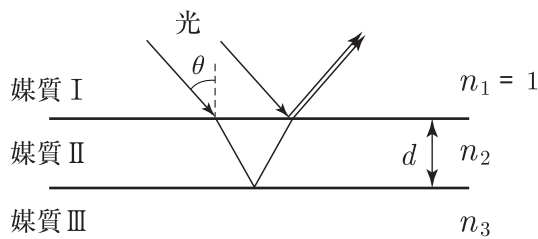


図 2

$$2n_2d \cos \theta = m\lambda \qquad 2n_2d \cos \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$2d\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \theta} = m\lambda \qquad 2d\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \theta} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$2n_2d\sqrt{1 + \sin^2 \theta} = m\lambda \qquad 2n_2d\sqrt{1 - \cos^2 \theta} = m\lambda$$