

川崎医科大学 物理

2019年1月27日実施

1 次の問いに対して、最も適切なものを選択肢の中から一つ選びなさい。

I 図1のように、質量 m 、長さ $4l$ の一様な棒が、くさび型の支柱 A、B により水平に支えられている。棒に沿って x 軸を定め、棒の中央に原点 O をとる。支柱 A の位置は $x = -l$ で支柱 B の位置は $x = l$ である。棒に鉛直下向きの力を加えた場合の、棒から支柱 A、B に加わる力をそれぞれ F_A 、 F_B とする。また、重力加速度の大きさを g とする。

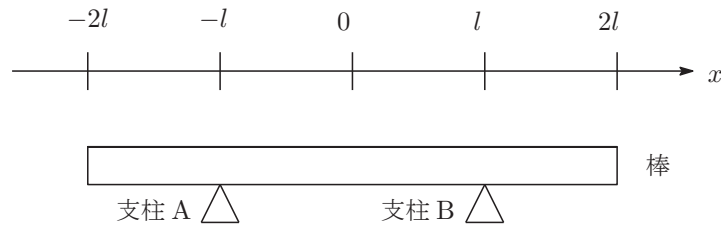


図1

問1 棒上の支点 A の位置に $\frac{1}{2}mg$ の力を鉛直下向きに加えた。次の問いに答えなさい。

(1) $F_A + F_B$ の大きさはいくらか。

ア

(2) F_A 、 F_B の大きさはそれぞれいくらか。

F_A : イ

F_B : ウ

ア ~ ウ の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- | | | |
|--------|-------------------|-------------------|
| ① 0 | ② $\frac{1}{2}mg$ | ③ $\frac{3}{4}mg$ |
| ④ mg | ⑤ $\frac{3}{2}mg$ | ⑥ $2mg$ |

問2 棒上の $x = a$ の位置 ($-2l \leq a \leq 2l$) に $\frac{1}{2}mg$ の力を鉛直下向きに加えたとき、 F_A 、 F_B の大きさはそれぞれいくらか。

F_A : エ

F_B : オ

エ, オ の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| ① 0 | ② $\frac{3l-a}{4l}mg$ | ③ $\frac{3l+a}{4l}mg$ |
| ④ $\frac{3l-a}{2l}mg$ | ⑤ $\frac{3l+a}{2l}mg$ | ⑥ $(3 - \frac{a}{l})mg$ |
| ⑦ $(3 + \frac{a}{l})mg$ | ⑧ mg | |

問3 棒上の $x = -\frac{7}{4}l$ の位置に鉛直下向きの力を徐々に加えていくと、棒は支柱 B から離れ始める。離れ始める力の大きさはいくらか。

カ

カ の選択肢

① $\frac{5}{8}mg$

② $\frac{2}{3}mg$

③ $\frac{3}{4}mg$

④ mg

⑤ $\frac{5}{4}mg$

⑥ $\frac{4}{3}mg$

⑦ $\frac{3}{2}mg$

⑧ $2mg$

I 解答

問1 (1) 棒に働く力のつり合いより、 $F_A + F_B$: ⑤ : $\frac{3}{2}mg$

(2) 棒に働く力に関して、点 B のまわりの力のモーメントのつり合いを考えると、

$$\left(\frac{1}{2}mg - F_A\right) \times 2l + mg \times l = 0 \quad \therefore F_A : \text{イ} \text{ ④} : mg$$

$$F_B = \frac{3}{2}mg - F_A \quad \therefore F_B : \text{ウ} \text{ ②} : \frac{1}{2}mg$$

問2 点 B のまわりの力のモーメントのつり合いより、

$$\frac{1}{2}mg \times (l - a) - F_A \times 2l + mg \times l = 0 \quad \therefore F_A : \text{エ} \text{ ②} : \frac{3l - a}{4l}mg$$

$$F_B = \frac{3}{2}mg - F_A \quad \therefore F_B : \text{オ} \text{ ③} : \frac{3l + a}{4l}mg$$

問3 $x = -\frac{7}{4}l$ のときに、 $F_B = 0$ となる条件を求めればよい。

求める力の大きさを F とすると点 A のまわりの力のモーメントのつり合いより、

$$F \times \frac{3}{4}l - mg \times l = 0 \quad \text{棒が支柱 B から離れ始める力の大きさ} : \text{カ} \text{ ⑥} : \frac{4}{3}mg$$

II 図のような中心 O、半径 R の球状の断熱容器がある。この容器内に、質量 m の短原子分子 N 個からなる理想気体を封入する。各分子は、他の分子と衝突せず容器の内壁に衝突するまで等速直線運動を続ける。分子と容器の内壁の衝突は弾性衝突とし、分子同士はお互いに力を及ぼし合わず、分子に働く重力は無視できるものとする。

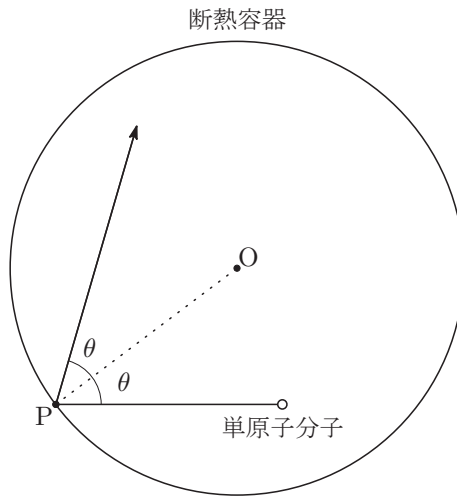


図 2

問 1 図 2 のように、速さ v で運動している分子が点 P で衝突した。このとき、分子の進行方向と直線 OP とのなす各を θ とする。この分子の運動について答えなさい。

(1) この分子の運動量の大きさはいくらか。

キ

(2) 1 回の衝突でこの分子が容器の内壁に与える力積の大きさはいくらか。

ク

キ, ク の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|
| ① mv | ② $mv \sin \theta$ | ③ $mv \cos \theta$ | ④ $\frac{mv}{\sin \theta}$ |
| ⑤ $\frac{mv}{\cos \theta}$ | ⑥ $2mv$ | ⑦ $2mv \sin \theta$ | ⑧ $2mv \cos \theta$ |
| ⑨ $\frac{2mv}{\sin \theta}$ | ⑩ $\frac{2mv}{\cos \theta}$ | | |

(3) この分子は、容器の内壁と衝突を繰り返す。単位時間あたりに、この分子が容器の内壁に衝突する回数及び容器の内壁に与える力積の大きさはいくらか。

回数 : ケ, 力積の大きさ : コ

ケ の選択肢

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{v}{R}$ | ② $\frac{v}{R \sin \theta}$ | ③ $\frac{v}{R \cos \theta}$ | ④ $\frac{v}{2R}$ |
| ⑤ $\frac{v}{2R \sin \theta}$ | ⑥ $\frac{v}{2R \cos \theta}$ | ⑦ $\frac{v}{R}$ | ⑧ $\frac{v}{R \sin \theta}$ |
| ⑨ $\frac{v}{R \cos \theta}$ | ⑩ $\frac{v}{2R}$ | ⊕ $\frac{v}{2R \sin \theta}$ | ⊖ $\frac{v}{2R \cos \theta}$ |

コ の選択肢

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ① $\frac{mv^2}{R}$ | ② $\frac{mv^2}{R \sin \theta}$ | ③ $\frac{mv^2}{R \cos \theta}$ |
| ④ $\frac{mv^2 \sin \theta}{R}$ | ⑤ $\frac{mv^2 \cos \theta}{R}$ | ⑥ $\frac{mv^2}{2R}$ |
| ⑦ $\frac{mv^2}{2R \sin \theta}$ | ⑧ $\frac{mv^2}{2R \cos \theta}$ | ⑨ $\frac{mv^2 \sin \theta}{2R}$ |
| ⑩ $\frac{mv^2 \cos \theta}{2R}$ | | |

問2 容器内の短原子分子全体について考える。分子の速度の2乗を平均した値を $\overline{v^2}$ とし、このときの気体の温度を T とする。また、ボルツマン定数を k 、アボガドロ定数を N_A とする。

(1) 容器内の圧力はいくらか。

サ

サの選択肢

- | | | | |
|--|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $\frac{3Nm\overline{v^2}}{4\pi R^3}$ | ② $\frac{3Nm\overline{v^2}}{4\pi R^2}$ | ③ $\frac{3Nm\overline{v^2}}{4\pi R}$ | ④ $\frac{Nm\overline{v^2}}{4\pi R^3}$ |
| ⑤ $\frac{Nm\overline{v^2}}{4\pi R^2}$ | ⑥ $\frac{Nm\overline{v^2}}{4\pi R}$ | ⑦ $\frac{Nm\overline{v^2}}{8\pi R^3}$ | ⑧ $\frac{Nm\overline{v^2}}{8\pi R^2}$ |
| ⑨ $\frac{Nm\overline{v^2}}{8\pi R}$ | ⑩ $\frac{Nm\overline{v^2}}{\pi R^3}$ | ⊕ $\frac{Nm\overline{v^2}}{\pi R^2}$ | ⊖ $\frac{Nm\overline{v^2}}{\pi R}$ |

(2) 容器内の内部エネルギーはいくらか。

シ

シの選択肢

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\frac{3}{2}kT$ | ② $\frac{3}{2}N_A kT$ | ③ $\frac{3}{2}NkT$ | ④ $\frac{3}{2}N_A NRT$ |
| ⑤ $\frac{3N}{2N_A}kT$ | ⑥ $\frac{3N_A}{2N}kT$ | ⑦ $\frac{3N}{2N_A k}T$ | ⑧ $\frac{3N_A}{2Nk}T$ |

II 解答

問1 (1) 分子の運動量の大きさ：キ ① : mv

(2) 容器の内壁に与える力積の大きさ：ク ⑧ : $2mv \cos \theta$

(3) 分子は $2R \cos \theta$ すすむごとに1回衝突するので、内壁に衝突する回数：ケ ⑥ : $\frac{v}{2R \cos \theta}$

単位時間あたりに壁に与える力積は、ク、ケより、力積の大きさ：コ ① : $\frac{mv^2}{R}$

問2 (1) コは壁に与える平均の力なので、単位面積あたりの力すなわち圧力 P は容器の面積 $4\pi R^2$ で割れば

得られる。容器内の圧力：サ ④ : $\frac{Nm\overline{v^2}}{4\pi R^3}$

(2) 内部エネルギー U は、分子の運動エネルギーの総和なので、

$$U = \frac{1}{2} m\overline{v^2} \times N = 2\pi PR^3$$

球の体積 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ 、状態方程式 $PV = nR_g T$ 、 $k = \frac{R_g}{N_A}$ (R_g は気体定数、 N_A はアボガドロ定数)を用いると、

容器内の内部エネルギー：シ ③ : $\frac{3}{2}NkT$

Ⅲ 以下の空欄を適切に埋めなさい。必要に応じて、下記の近似を用いなさい。近似：ラジアンで表した角度 θ の大きさが 1 に比べて十分小さいとき、

$$\sin \theta \doteq \theta \doteq \tan \theta, \quad \cos \theta \doteq 1$$

図3のように、中心を揃えて平行に配置した単スリット、複スリット、スクリーンにより、単色光の干渉じまを観察する。ただし、複スリットとスクリーンの距離は L 、複スリットの2つのスリット S_1 、 S_2 の間隔は d で中心は C 、単スリットの中心はスリット S_0 である。

スクリーンの中心 O からスクリーン上の位置 P までの距離を x 、角 $OC P$ を θ 、 S_1 、 S_2 から位置 P までの距離をそれぞれ L_1 、 L_2 とすると、 L が d に比べて十分大きいとき、直線 $S_1 P$ と $S_2 P$ は直線 CP と平行と見なせるので、 $|L_1 - L_2| = \boxed{\text{ス}}$ と書ける。また、このとき θ は 1 rad に比べて十分小さいので、 $|L_1 - L_2| \doteq \boxed{\text{セ}}$ となる。単色光の波長を λ とすると、位置 P が明線となる条件は、 $x = \boxed{\text{ソ}}$ ($m = 0, 1, 2, \dots$) で、となり合う明線の間隔 Δx は $\Delta x = \boxed{\text{タ}}$ である。

$d = 0.3 \text{ mm}$ 、 $L = 1 \text{ m}$ の条件で観察したとき、スクリーン中心付近での干渉じまの間隔が 2 mm だった。このときの単色光の波長は $\boxed{\text{チ}}$ m で、振動数は $\boxed{\text{ツ}}$ Hz である。ただし、光速を $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ とする。

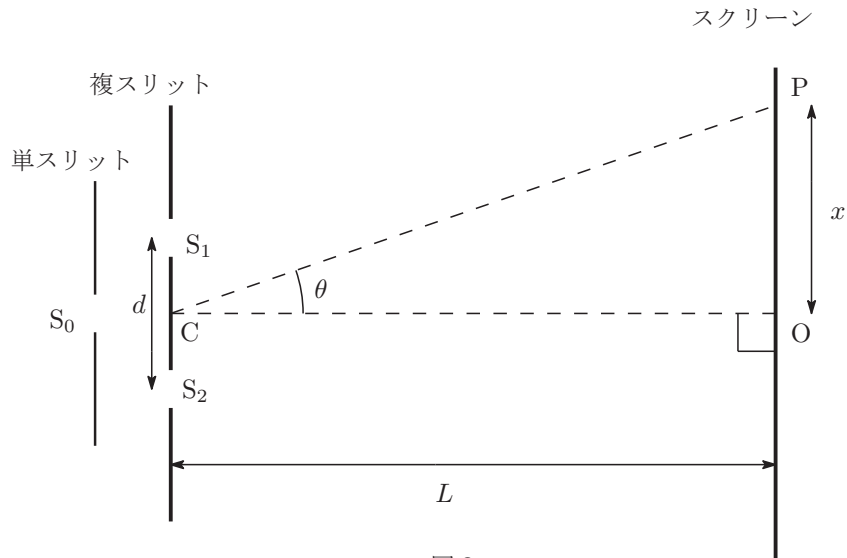


図3

$\boxed{\text{ス}}$ の選択肢

- | | | | |
|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $d \sin \theta$ | ② $d \cos \theta$ | ③ $\frac{d}{\sin \theta}$ | ④ $\frac{d}{\cos \theta}$ |
| ⑤ $L \sin \theta$ | ⑥ $L \cos \theta$ | ⑦ $\frac{L}{\sin \theta}$ | ⑧ $\frac{L}{\cos \theta}$ |

$\boxed{\text{セ}}$ の選択肢

- | | | |
|------------------|------------------|------------------|
| ① d | ② L | ③ x |
| ④ $\frac{dx}{L}$ | ⑤ $\frac{dL}{x}$ | ⑥ $\frac{Lx}{d}$ |

$\boxed{\text{ソ}}$ の選択肢

- | | | |
|--|--|--|
| ① $m\lambda$ | ② $\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ | ③ $m\frac{L\lambda}{d}$ |
| ④ $\left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{L\lambda}{d}$ | ⑤ $m\frac{d\lambda}{L}$ | ⑥ $\left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{d\lambda}{L}$ |
| ⑦ $m\frac{dL}{\lambda}$ | ⑧ $\left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{dL}{\lambda}$ | |

タの選択肢

- ① λ ② $\frac{L\lambda}{d}$ ③ $\frac{d\lambda}{L}$ ④ $\frac{dL}{\lambda}$

チの選択肢

- ① 9×10^{-10} ② 6×10^{-7} ③ 3×10^{-4} ④ 2×10^{-1}
⑤ 7 ⑥ 4×10^4 ⑦ 5×10^7

ツの選択肢

- ① 2×10^{-15} ② 1×10^{-12} ③ 7×10^{-10} ④ 2×10^{-8}
⑤ 4×10^7 ⑥ 2×10^9 ⑦ 1×10^{12} ⑧ 5×10^{14}

III 解答

ス 線分 S_2P に対し点 S_1 から下した垂線の足を H とする。三角形 S_1S_2H に注目すると、経路差は①：
 $|L_1 - L_2| = d \sin \theta$ となる。

セ 与えられた近似を用いると $\sin \theta \doteq \tan \theta = \frac{x}{L}$ が成立するから、④： $|L_1 - L_2| \doteq \frac{dx}{L}$

ソ 位置 P が明線になる条件は経路差が波長の整数倍になることであるから $|L_1 - L_2| = m\lambda$ となる。先ほどの式を変形すると③： $x = m \frac{L\lambda}{d}$ となる。

タ $m = 0$ と $m = 1$ による明線の間隔を調べればよい。②： $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$

チ $\lambda = \frac{d\Delta x}{L}$ に与えられた数値を代入すると、単色光の波長は②： $\lambda = 6 \times 10^{-7}[\text{m}]$

ツ 光速 c を用いると $c = f\lambda$ より振動数は⑧： $f = 5 \times 10^{14}[\text{Hz}]$

IV 図4のように、真空中に x 軸の正方向が紙面の裏から表方向である xyz 座標系を考え、十分に長い直線状の細い4本の導線 A~D を、 xy 平面に垂直な向きに設置した。各導線と xy 平面が交わる点をそれぞれ点 a~d とし、各点の座標は、 $a(0, h, 0)$, $b(0, 0, 0)$, $c(h, 0, 0)$, $d(h, h, 0)$ であり、 $h > 0$ とする。初期状態で電流は、導線 A~C について z 軸に対して正の向きに、導線 D について z 軸に対して負の向きに流れており、電流の大きさはすべて I である。ただし、真空の透磁率を μ_0 とする。

また、図5には向きを表すベクトルであるものについて、その向きを答える場合は図5の選択肢から選びなさい。

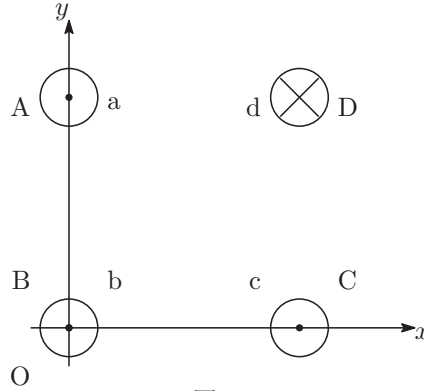


図4

問1 次の問いに答えなさい。

(1) 点 b において、導線 A を流れる電流がつくる磁場の向きと強さを求めよ。

向き：

強さ：

の選択肢

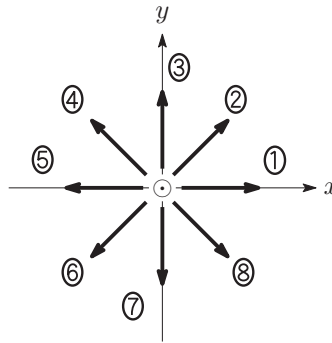


図5

の選択肢

- | | | | |
|-------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| ① I | ② $\frac{I}{h}$ | ③ $\frac{I}{2h}$ | ④ $\frac{I}{2\pi h}$ |
| ⑤ $\mu_0 I$ | ⑥ $\frac{\mu_0 I}{h}$ | ⑦ $\frac{\mu_0 I}{2h}$ | ⑧ $\frac{\mu_0 I}{2\pi h}$ |

(2) $\left(\frac{h}{2}, \frac{h}{2}, 0\right)$ における磁場の向きと強さを求めなさい。

向き：

強さ：

の選択肢

① $\frac{2I}{\pi h}$

② $\frac{\sqrt{2}}{\pi h}$

③ $\frac{I}{\pi h}$

④ $\frac{\sqrt{2}I}{2\pi h}$

⑤ $\frac{2\mu_0 I}{\pi h}$

⑥ $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi h}$

⑦ $\frac{\mu_0 I}{\pi h}$

⑧ $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi h}$

(3) 導線 B の長さ l の部分が磁場から受ける力の向きと大きさを求めなさい。

向き：

大きさ：

の選択肢：

① $\frac{2\mu_0 I^2 l}{h}$

② $\frac{\mu_0 I^2 l}{h}$

③ $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I^2 l}{2\pi h}$

④ $\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi h}$

⑤ $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I^2 l}{4\pi h}$

⑥ $\mu_0 I^2 l$

⑦ $\frac{\mu_0 I^2 l}{2}$

⑧ $\mu_0^2 I^2 l$

⑨ $\frac{\mu_0^2 I^2 l}{\pi h}$

⑩ $\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi h}$

問 2 初期状態から導線 C を流れる電流の向きのみを逆にして、十分に時間が経過した。 $\left(\frac{h}{2}, \frac{h}{2}, 0\right)$ における磁場の向きと強さを求めなさい。

向き：

強さ：

の選択肢

① $\frac{2I}{\pi h}$

② $\frac{\sqrt{2}I}{\pi h}$

③ $\frac{I}{\pi h}$

④ $\frac{\sqrt{2}I}{2\pi h}$

⑤ $\frac{2\mu_0 I}{\pi h}$

⑥ $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi h}$

⑦ $\frac{\mu_0 I}{\pi h}$

⑧ $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi h}$

問 3 初期状態から導線 D を流れる電流の大きさのみを変化させたところ、導線 B の長さ l の部分が磁場から受ける力の大きさが 0 となった。このとき、導線 D を流れる電流の大きさはいくらか。

の選択肢

① 0

② $\frac{I}{4}$

③ $\frac{\sqrt{2}}{4}I$

④ $\frac{I}{2}$

⑤ $\frac{\sqrt{2}I}{2}$

⑥ I

⑦ $\sqrt{2}I$

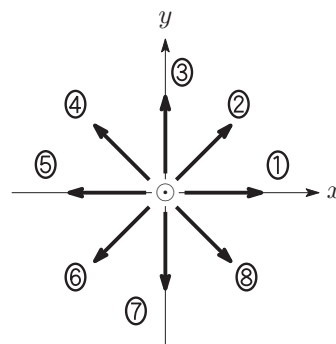
⑧ $2I$

⑨ $2\sqrt{2}I$

⑩ $4I$

IV 解答

問1 (1) 右ねじの法則から，導線 A を流れる電流が点 b に作る磁場の向きは ①：図の①の向き。また直線電流の作る磁場は ④： $\frac{I}{2\pi h}$ となる。



(2) 点 $(\frac{h}{2}, \frac{h}{2}, 0)$ において，導線 A と C による磁場は相殺する。また導線 B と D による磁場は同じ方向で強め合うため， ④：図の④の向き。また強さは $\frac{I}{2\pi \cdot h/\sqrt{2}} \times 2 =$ ②： $\frac{\sqrt{2}I}{\pi h}$

(3) 導線 A と C によって生じる磁場は⑧の方向に $\frac{\sqrt{2}I}{2\pi h}$ であり，導線 D によって生じる磁場は④の方向に $\frac{\sqrt{2}I}{4\pi h}$ である。これらが打ち消

しあって，点 b には $\frac{\sqrt{2}I}{4\pi h}$ の磁場が⑧の方向に生じるため，長さ l の部分が受ける力はフレミング左手の法則より ②：図の②の向きとなる。また力の大きさは ⑤： $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I^2 l}{4\pi h}$ である。

問2 導線 A と D, B と C を対として考えると磁場の x 成分は相殺することがわかる。また問1(2)と比較して考えると $\sqrt{2}$ 倍になることがわかるため， ③：図の③の向き， ①： $\frac{2I}{\pi h}$

問3 導線 B が受ける力が 0 になるため，点 b における磁場が 0 である。問1(3)と比較して考えると導線 D による磁場が 2 倍になればよいため ⑧： $2I$

講評

I [力学：力のモーメントのつりあい] (標準) 2箇所の支柱で支えられた一様な棒についての力のつりあい，力のモーメントのつりあいの問題。必要以上に時間をかけずに完答しておきたい。

II [熱：気体分子の運動・内部エネルギー] (標準) 球形の断熱容器に封入された理想気体の圧力と内部エネルギーを気体分子の運動に基づいて導出する問題。典型的な出題について丁寧に学習，準備をしてきたかが問われる。

III [波：光波の干渉・ヤングの実験] (標準) 空欄補充形式。数値計算で手間取らないようにしたい。

IV [電磁気：電流と磁場] (標準) 直線電流がその周りに作る磁場と，その磁場から電流が受ける力についての出題。最後の大問であることもあって，作業時間的に苦しかった受験生もいるだろう。問2は問1(2)の，問3は問1(3)の結果をうまく利用すると，時間の節約が可能。

出題の形式が大幅に変わった。大問が4つとなり，マーク数も27となり10以上も減った。医学部入試，マーク式の物理としては標準的な形式。それぞれの大問も基礎事項の理解とその応用力を問う内容となった。目標は，80%。

医学部進学予備校 **メビオ**

〒540-0033 大阪市中央区石町2-3-12 ヘルヴォア天満橋

 0120-146-156

<https://www.mebio.co.jp/>

M e B i o
Scholastics 