

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
 学士は化学・生物必須
 ※試験時間100分で2科目を受験する

試験時間 100分

物理 1～10 ページ

化学 11～21 ページ

生物 22～34 ページ

- 注意事項**
- 出題の際に選択した2科目について解答すること。
 - 解答用紙(マークカード)は各科目につき1枚である。
 - 選択しない科目の解答用紙(マークカード)は、全面に大きく×印をつけて、机の右端に置くこと。試験中に回収します。
 - 解答用紙(マークカード)に、氏名・フリガナ・受験番号の記入および受験番号のマークを忘れないこと。
 - マークはHBの鉛筆で、はっきりとマークすること。
 - マークを消す場合、消しゴムで完全に消し、消しくずを残さないこと。
 - 解答用紙(マークカード)は折り曲げたり、メモやチェックなどで汚したりしないように注意すること。
 - 各問題の選択肢のうち質問に適した答えを1つだけ選びマークすること。1問に2つ以上解答した場合は誤りとする。
 - 問題用紙は解答用紙(マークカード)とともに机上に置いて退出すること。持ち帰ってはいけない。

I 次の問い(問1～問5)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 1 ～ 11)

問1 図1のように、一辺の長さ a (m)、質量 m (kg) の一様な正方形の板 ABCD から、正方形の中心の点 O と点 A および点 B を頂点とする三角形 OAB を切り取った板がある。この板を、辺 BC があらい水平面と接するように置き、点 D に軽いひもをつけ、板と同一平面内で図の矢印の向きに水平に引いたところ、板はすべらずに回転を始めた。このとき、この板の重心と点 O との距離は 1 $\times a$ (m) であり、ひもを引く力の大きさは少なくとも 2 $\times mg$ (N) より大きい。ただし、重力加速度の大きさを g (m/s²) とする。

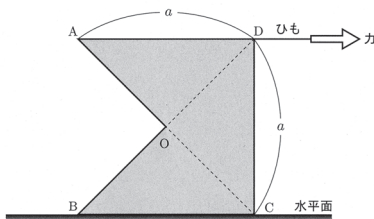


図1

解答群

- ① $\frac{1}{24}$ ② $\frac{1}{9}$ ③ $\frac{1}{6}$ ④ $\frac{5}{24}$ ⑤ $\frac{2}{9}$ ⑥ $\frac{1}{4}$ ⑦ $\frac{7}{24}$
 ⑧ $\frac{1}{3}$ ⑨ $\frac{4}{9}$ ⑩ $\frac{11}{24}$ ⑪ $\frac{1}{2}$ ⑫ $\frac{5}{9}$ ⑬ $\frac{2}{3}$ ⑭ $\frac{3}{4}$
 ⑮ $\frac{7}{9}$ ⑯ $\frac{5}{6}$ ⑰ $\frac{8}{9}$ ⑱ 1

問2 図2のように、鉛直線と母線のなす角が θ [rad] の円錐の頂点に長さ L [m] の軽いひもの一端を固定し、他端に質量 m (kg) の小物体 A を取り付け、A を円錐の表面に沿って速さ v (m/s) で等速円運動させた。このとき、ひもの張力の大きさは 3 (N) である。また、A が等速円運動しているとき、A が円錐から受ける垂直抗力の大きさが0になる A の最小の速さは 4 (m/s) である。ただし、円錐の表面はなめらかであるとし、重力加速度の大きさを g (m/s²) とする。

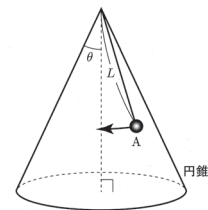


図2

3 の解答群

- ① $mg \sin \theta$ ② $mg \cos \theta$ ③ $\frac{mg}{\sin \theta}$ ④ $\frac{mg}{\cos \theta}$ ⑤ $m \frac{v^2}{L}$ ⑥ $m \frac{v^2}{L \sin \theta}$
 ⑦ $m \frac{v^2}{L \cos \theta}$ ⑧ $m \frac{v^2}{L} + mg \sin \theta$ ⑨ $m \frac{v^2}{L} + mg \cos \theta$ ⑩ $m \frac{v^2}{L \sin \theta} + mg \sin \theta$
 ⑪ $m \frac{v^2}{L \cos \theta} + mg \sin \theta$ ⑫ $m \frac{v^2}{L \sin \theta} + mg \cos \theta$ ⑬ $m \frac{v^2}{L \cos \theta} + mg \cos \theta$

4 の解答群

- ① $\sqrt{gL \sin \theta}$ ② $\sqrt{gL \cos \theta}$ ③ $\cos \theta \sqrt{\frac{gL}{\sin \theta}}$ ④ $\sin \theta \sqrt{\frac{gL}{\cos \theta}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{L \sin \theta}{g}}$
 ⑥ $\sqrt{\frac{L \cos \theta}{g}}$ ⑦ $\cos \theta \sqrt{\frac{L}{g \sin \theta}}$ ⑧ $\sin \theta \sqrt{\frac{L}{g \cos \theta}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{g \sin \theta}{L}}$ ⑩ $\sqrt{\frac{g \cos \theta}{L}}$
 ⑪ $\cos \theta \sqrt{\frac{g}{L \sin \theta}}$ ⑫ $\sin \theta \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}$ ⑬ $\sqrt{\frac{\sin \theta}{gL}}$ ⑭ $\sqrt{\frac{\cos \theta}{gL}}$ ⑮ $\cos \theta \sqrt{\frac{1}{gL \sin \theta}}$
 ⑯ $\sin \theta \sqrt{\frac{1}{gL \cos \theta}}$

問3 図3のように、電気抵抗R、電気容量がそれぞれC[F]、2C[F]、3C[F]のコンデンサーC₁、C₂、C₃、内部抵抗の無視できる起電力がそれぞれV[V]、2V[V]の直流電源E₁、E₂、およびスイッチSからなる回路がある。はじめSは開いており、C₁、C₂、C₃に電荷はたくわえられていないものとする。このとき、Sを閉じてじゅうぶん時間が経過した後、C₂の両端の電圧は $\frac{5}{6} \times V$ [V] であり、C₃にたくわえられている電荷の電気量は $\frac{6}{3} \times CV$ [C] である。

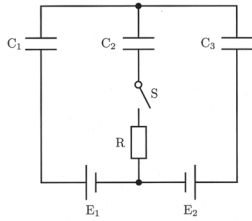


図3

解答群

- ① $\frac{1}{6}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{2}{3}$ ⑤ $\frac{5}{6}$ ⑥ 1 ⑦ $\frac{7}{6}$ ⑧ $\frac{4}{3}$
 ⑨ $\frac{3}{2}$ ⑩ $\frac{5}{3}$ ⑪ $\frac{11}{6}$ ⑫ 2 ⑬ $\frac{7}{3}$ ⑭ $\frac{5}{2}$ ⑮ $\frac{8}{3}$ ⑯ 3

問4 図4のように、断面積S[m²]、質量m[kg]のなめらかに動くピストンのついた容器を水平な床に固定し、容器内に理想気体を封入した。このピストンと、床に置かれた質量2m[kg]の小物体Aを軽いひもでつないで滑車にかけたところ、容器内の気体の温度と圧力は外気の温度T₀[K]と圧力P₀[Pa]とそれぞれ等しくなり、ひもはたるまずにピストンは静止した。このとき、ピストンは容器の底からの高さがh₀[m]の位置であった。つぎに、容器内の気体の温度をゆっくり下げたところ、容器内の気体の温度が $\frac{7}{8} \times T_0$ [K] となったとき、Aが上がり始めた。さらに容器内の気体の温度を下げ続け、気体の温度がT[K]となったとき、Aの床からの高さは $\frac{8}{11} \times h_0$ [m] となった。ただし、滑車に接していない部分のひもは鉛直であるとし、重力加速度の大きさをg[m/s²]とする。

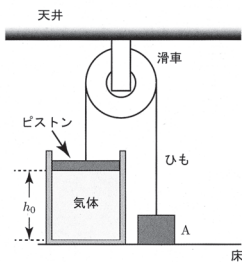


図4

7 の解答群

- ① $\frac{P_0 S}{2mg}$ ② $\frac{P_0 S}{mg}$ ③ $\frac{mg}{P_0 S}$ ④ $\frac{2mg}{P_0 S}$ ⑤ $\frac{P_0 S}{P_0 S + 2mg}$ ⑥ $\frac{P_0 S}{P_0 S + mg}$
 ⑦ $\frac{P_0 S}{P_0 S - 2mg}$ ⑧ $\frac{P_0 S}{P_0 S - mg}$ ⑨ $\frac{P_0 S}{2mg - P_0 S}$ ⑩ $\frac{P_0 S}{mg - P_0 S}$ ⑪ $\frac{P_0 S - 2mg}{P_0 S}$
 ⑫ $\frac{P_0 S - mg}{P_0 S}$ ⑬ $\frac{2mg - P_0 S}{P_0 S}$ ⑭ $\frac{mg - P_0 S}{P_0 S}$ ⑮ $\frac{P_0 S + mg}{P_0 S}$ ⑯ $\frac{P_0 S + 2mg}{P_0 S}$

8 の解答群

- ① $\frac{P_0 S T}{2mg T_0}$ ② $\frac{P_0 S T_0}{2mg T}$ ③ $\frac{P_0 S T}{mg T_0}$ ④ $\frac{P_0 S T_0}{mg T}$ ⑤ $\frac{mg T}{P_0 S T_0}$ ⑥ $\frac{mg T_0}{P_0 S T}$
 ⑦ $\frac{2mg T}{P_0 S T_0}$ ⑧ $\frac{2mg T_0}{P_0 S T}$ ⑨ $\frac{P_0 S T}{(P_0 S - mg) T_0}$ ⑩ $\frac{P_0 S T_0}{(P_0 S - mg) T}$
 ⑪ $\frac{P_0 S T - (P_0 S - mg) T_0}{(P_0 S - mg) T_0}$ ⑫ $\frac{P_0 S T_0 - (P_0 S - mg) T}{(P_0 S - mg) T_0}$ ⑬ $\frac{P_0 S T - (P_0 S - mg) T_0}{(P_0 S - mg) T}$
 ⑭ $\frac{P_0 S T_0 - (P_0 S - mg) T}{(P_0 S - mg) T}$ ⑮ $\frac{(P_0 S - mg) T - P_0 S T_0}{(P_0 S - mg) T_0}$ ⑯ $\frac{(P_0 S - mg) T_0 - P_0 S T}{(P_0 S - mg) T_0}$
 ⑰ $\frac{(P_0 S - mg) T - P_0 S T_0}{(P_0 S - mg) T}$ ⑱ $\frac{(P_0 S - mg) T_0 - P_0 S T}{(P_0 S - mg) T}$

問5 図5のように、水平に置かれた平面ガラスAの上に平面ガラスBを重ね、ガラスが接している端部の点Oから距離L[m]の点Pの位置に厚さ2D[m]の板をはさんだ。鉛直上方から波長λ[m]の単色光を一樣に当て、上方から観察すると、平行で等間隔の明暗の縞模様が見えた。このとき、暗線の間隔は $\frac{9}{10} \times \frac{10}{11}$ [m] である。また、点Oに見える暗線を0番目としたとき、12番目の暗線が点Pの位置に見えたとき、D = $\frac{11}{12} \times \lambda$ [m] である。

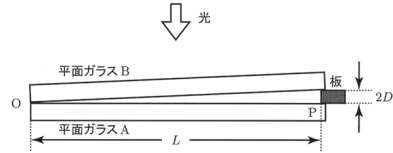


図5

9 と 11 の解答群

- ① $\frac{1}{12}$ ② $\frac{1}{6}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{1}{2}$ ⑥ $\frac{2}{3}$ ⑦ $\frac{3}{4}$ ⑧ 1
 ⑨ $\frac{4}{3}$ ⑩ $\frac{3}{2}$ ⑪ 2 ⑫ 3 ⑬ 4 ⑭ 6 ⑮ 12

10 の解答群

- ① $\frac{1}{DL\lambda}$ ② $\frac{D}{L\lambda}$ ③ $\frac{L}{D\lambda}$ ④ $\frac{\lambda}{DL}$ ⑤ $\frac{DL}{\lambda}$ ⑥ $\frac{D\lambda}{L}$
 ⑦ $\frac{L\lambda}{D}$ ⑧ $DL\lambda$

II 次の問い(問1~問7)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 ~)

図6のように、なめらかな水平面Sの上に、水平となす角度が 45° のなめらかな斜面Rをもつ質量 $2m$ (kg)の台Aが置かれており、Aの斜面とSはAの斜面下端の点pでなめらかに接続されている。ばね定数 k (N/m)の軽いばねKの一端をSに固定された壁にとりつけ、ばねの他端に質量 m (kg)の小球Bを押しつけて、ばねを自然長から L (m)だけ縮めてから静かに放したところ、BはS上を運動して点pを通過し、Aの斜面を上るとともにAはS上を図の矢印の向きに動き始めた。その後、BはR上の点qで最高点に達してから斜面をすべり下り、再び点pを通過した。ただし、重力加速度の大きさを g (m/s^2)とし、すべての運動は同一鉛直面内で起きものとする。

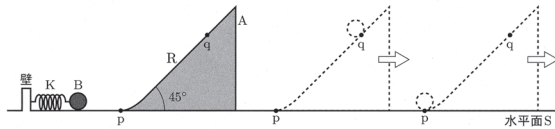


図6

問1 Bが最初に点pを通過する直前のBの速さは (m/s) である。

解答群

- ① $\frac{L}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$ ② $\frac{L}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$ ③ $L\sqrt{\frac{m}{2k}}$ ④ $L\sqrt{\frac{2k}{m}}$ ⑤ $L\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑥ $L\sqrt{\frac{k}{m}}$
 ⑦ $L\sqrt{\frac{2m}{k}}$ ⑧ $L\sqrt{\frac{m}{2m}}$ ⑨ $2L\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑩ $2L\sqrt{\frac{k}{m}}$

問2 Bが点qに到達したときのBの速さは、S上に静止した人から見て (m/s) であり、点qのSからの高さは (m) である。

の解答群

- ① $\frac{L}{6}\sqrt{\frac{m}{k}}$ ② $\frac{L}{6}\sqrt{\frac{k}{m}}$ ③ $\frac{L}{3}\sqrt{\frac{m}{k}}$ ④ $\frac{L}{3}\sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑤ $\frac{L}{3}\sqrt{\frac{2m}{k}}$
 ⑥ $\frac{L}{3}\sqrt{\frac{k}{2m}}$ ⑦ $\frac{L}{3}\sqrt{\frac{m}{2k}}$ ⑧ $\frac{L}{3}\sqrt{\frac{2k}{m}}$ ⑨ $\frac{2L}{3}\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑩ $\frac{2L}{3}\sqrt{\frac{k}{m}}$

の解答群

- ① $\frac{kL^2}{4mg}$ ② $\frac{kL^2}{3mg}$ ③ $\frac{kL^2}{2mg}$ ④ $\frac{2kL^2}{3mg}$ ⑤ $\frac{3kL^2}{4mg}$ ⑥ $\frac{kL^2}{mg}$ ⑦ $\frac{5kL^2}{4mg}$
 ⑧ $\frac{4kL^2}{3mg}$ ⑨ $\frac{3kL^2}{2mg}$ ⑩ $\frac{5kL^2}{3mg}$ ⑪ $\frac{7kL^2}{4mg}$ ⑫ $\frac{2kL^2}{mg}$

問3 BがR上にあるとき、AがBから受ける力の大きさを N (N)とすると、S上に静止した人から見て、Aの加速度の大きさは、 N および m を用いて $\times \frac{N}{m}$ (m/s^2) と表される。

解答群

- ① $\frac{\sqrt{2}}{5}$ ② $\frac{\sqrt{2}}{4}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{3}$ ④ $\frac{2\sqrt{2}}{5}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ⑥ $\frac{3\sqrt{2}}{5}$ ⑦ $\frac{2\sqrt{2}}{3}$
 ⑧ 1 ⑨ $\frac{3\sqrt{2}}{4}$ ⑩ $\frac{4\sqrt{2}}{5}$ ⑪ $\sqrt{2}$ ⑫ $\frac{5\sqrt{2}}{4}$ ⑬ $\frac{4\sqrt{2}}{3}$ ⑭ $\frac{3\sqrt{2}}{2}$
 ⑮ $\frac{5\sqrt{2}}{3}$ ⑯ $2\sqrt{2}$

問4 BがR上にあるとき、AがBから受ける力の大きさは、 m および g を用いて $\times mg$ (N) と表される。

解答群

- ① $\frac{\sqrt{2}}{5}$ ② $\frac{\sqrt{2}}{4}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{3}$ ④ $\frac{2\sqrt{2}}{5}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ⑥ $\frac{3\sqrt{2}}{5}$ ⑦ $\frac{2\sqrt{2}}{3}$
 ⑧ 1 ⑨ $\frac{3\sqrt{2}}{4}$ ⑩ $\frac{4\sqrt{2}}{5}$ ⑪ $\sqrt{2}$ ⑫ $\frac{5\sqrt{2}}{4}$ ⑬ $\frac{4\sqrt{2}}{3}$ ⑭ $\frac{3\sqrt{2}}{2}$
 ⑮ $\frac{5\sqrt{2}}{3}$ ⑯ $2\sqrt{2}$

問5 BがR上にあるとき、Bの加速度の大きさはA上に静止した人から見て、 $\times g$ (m/s^2) である。

解答群

- ① $\frac{\sqrt{2}}{5}$ ② $\frac{\sqrt{2}}{4}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{3}$ ④ $\frac{2\sqrt{2}}{5}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ⑥ $\frac{3\sqrt{2}}{5}$ ⑦ $\frac{2\sqrt{2}}{3}$
 ⑧ 1 ⑨ $\frac{3\sqrt{2}}{4}$ ⑩ $\frac{4\sqrt{2}}{5}$ ⑪ $\sqrt{2}$ ⑫ $\frac{5\sqrt{2}}{4}$ ⑬ $\frac{4\sqrt{2}}{3}$ ⑭ $\frac{3\sqrt{2}}{2}$
 ⑮ $\frac{5\sqrt{2}}{3}$ ⑯ $2\sqrt{2}$

問6 Bが点qから の $\frac{1}{2}$ の高さまでR上をすべり下りる間に、AがS上で移動した距離は $\times \frac{kL^2}{mg}$ (m) である。

解答群

- ① $\frac{1}{18}$ ② $\frac{1}{9}$ ③ $\frac{1+\sqrt{5}}{18}$ ④ $\frac{2+\sqrt{5}}{18}$ ⑤ $\frac{3+\sqrt{5}}{18}$ ⑥ $\frac{4+\sqrt{5}}{18}$
 ⑦ $\frac{1+2\sqrt{5}}{18}$ ⑧ $\frac{1+\sqrt{5}}{9}$ ⑨ $\frac{3+2\sqrt{5}}{18}$ ⑩ $\frac{2+\sqrt{5}}{9}$ ⑪ $\frac{1+3\sqrt{5}}{18}$
 ⑫ $\frac{2+3\sqrt{5}}{18}$ ⑬ $\frac{1+\sqrt{5}}{6}$ ⑭ $\frac{4+3\sqrt{5}}{18}$ ⑮ $\frac{1+4\sqrt{5}}{18}$ ⑯ $\frac{1+2\sqrt{5}}{9}$
 ⑰ $\frac{3+4\sqrt{5}}{18}$ ⑱ $\frac{2+2\sqrt{5}}{9}$

問7 を v_0 (m/s) とおく。Bが再び点pを通過した直後のAの速さは、S上に静止した人から見て $\times v_0$ (m/s) である。また、Bが再び点pを通過した直後のBの速さは、S上に静止した人から見て $\times v_0$ (m/s) である。

解答群

- ① $\frac{1}{5}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{2}{5}$ ⑤ $\frac{1}{2}$ ⑥ $\frac{3}{5}$ ⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$
 ⑨ $\frac{4}{5}$ ⑩ 1

III 次の問い(問1~問3)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 21 ~ 26)

図7のように、絶縁体でできた軽いばねを天井から鉛直につり下げ、このばねに質量 m (kg)、抵抗値 R (Ω)、1辺の長さ a (m) で正方形の1巻きコイル ABCD を取り付けたところ、ばねは自然長から a (m) だけ伸びて静止した。コイルの辺 CD から a (m) 下方には、鉛直方向に長さ a (m) にわたり、紙面の手前から奥向きに、大きさ B (T) の磁束密度をもつ一様な磁場が加わった領域 M がある。このコイルに鉛直下向きに力を加え、コイルを一定の速さ v (m/s) で磁場を通過させた。ただし、重力加速度の大きさを g (m/s²) とし、すべての運動はコイルの面を含む鉛直面内で起きるものとする。

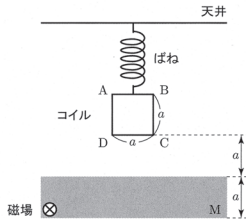


図7

問1 コイルの辺 CD が領域 M に入直した直後に、コイルを流れる電流は 21 の向きであり、その大きさは 22 (A) である。またこのとき、コイルが磁場から受ける力の大きさは 23 (N) である。

21 の解答群

- ① A→B→C→D ② A→D→C→B

その他の解答群

- ① $\frac{aBv}{R}$ ② $\frac{2aBv}{R}$ ③ $\frac{a^2Bv}{R}$ ④ $\frac{4a^2Bv}{R}$ ⑤ $\frac{aB^2v}{R}$ ⑥ $\frac{2aB^2v}{R}$
 ⑦ $\frac{aBv^2}{R}$ ⑧ $\frac{2aBv^2}{R}$ ⑨ $\frac{a^2B^2v}{R}$ ⑩ $\frac{4a^2B^2v}{R}$ ⑪ $\frac{a^2B^2v^2}{R}$ ⑫ $\frac{4a^2B^2v^2}{R}$

問2 コイルの辺 CD が領域 M に入ってから辺 AB が領域 M を出るまでの間に、コイルで発生したジュール熱は 24 (J) である。

解答群

- ① $\frac{a^2B^2v}{R}$ ② $\frac{2a^2B^2v}{R}$ ③ $\frac{a^2B^2v^2}{R}$ ④ $\frac{2a^2B^2v^2}{R}$ ⑤ $\frac{a^3B^2v}{R}$ ⑥ $\frac{2a^3B^2v}{R}$
 ⑦ $\frac{a^3Bv^2}{R}$ ⑧ $\frac{2a^3Bv^2}{R}$ ⑨ $\frac{a^2B^3v}{R}$ ⑩ $\frac{2a^2B^3v}{R}$ ⑪ $\frac{aB^3v^2}{R}$ ⑫ $\frac{2aB^3v^2}{R}$
 ⑬ $\frac{a^3B^2v^2}{R}$ ⑭ $\frac{2a^3B^2v^2}{R}$ ⑮ $\frac{a^2B^3v^2}{R}$ ⑯ $\frac{2a^2B^3v^2}{R}$

問3 コイルが領域 M を通過した後、ばねの長さが自然長から $5a$ (m) だけ伸びたところでコイルを静止させ、静かに放したところ、コイルは上昇を始めた。このとき、辺 AB が領域 M に入直する直前のコイルの速さは 25 (m/s) であり、辺 AB が領域 M に入直した直後のコイルの加速度は、鉛直上向きを正の向きとして 26 (m/s²) である。

25 の解答群

- ① \sqrt{ga} ② $\sqrt{2ga}$ ③ $\sqrt{3ga}$ ④ $2\sqrt{ga}$ ⑤ $\sqrt{5ga}$ ⑥ $\sqrt{6ga}$ ⑦ $\sqrt{7ga}$
 ⑧ $2\sqrt{2ga}$ ⑨ $3\sqrt{ga}$ ⑩ $2\sqrt{3ga}$ ⑪ $4\sqrt{ga}$ ⑫ $2\sqrt{5ga}$ ⑬ $2\sqrt{6ga}$
 ⑭ $2\sqrt{7ga}$ ⑮ $4\sqrt{2ga}$ ⑯ $6\sqrt{ga}$

26 の解答群

- ① $3g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{ga}$ ② $3g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{2ga}$ ③ $3g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{3ga}$
 ④ $3g - \frac{2a^2B^2}{mR}\sqrt{ga}$ ⑤ $3g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{5ga}$ ⑥ $3g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{6ga}$
 ⑦ $3g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{7ga}$ ⑧ $3g - \frac{2a^2B^2}{mR}\sqrt{2ga}$ ⑨ $3g - \frac{3a^2B^2}{mR}\sqrt{ga}$
 ⑩ $4g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{ga}$ ⑪ $4g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{2ga}$ ⑫ $4g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{3ga}$
 ⑬ $4g - \frac{2a^2B^2}{mR}\sqrt{ga}$ ⑭ $4g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{5ga}$ ⑮ $4g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{6ga}$
 ⑯ $4g - \frac{a^2B^2}{mR}\sqrt{7ga}$ ⑰ $4g - \frac{2a^2B^2}{mR}\sqrt{2ga}$ ⑱ $4g - \frac{3a^2B^2}{mR}\sqrt{ga}$