物 理

「解答科目」記入方法

解答科目には「物理」，「化学」，「生物」がありますので，この中から２科目を選んで解答してください。選んだ２科目のうち，１科目を解答用紙の表面に解答し，もう１科目を裏面に解答してください。

「物理」を解答する場合は，右のように，解答用紙にある「解答科目」の「物理」を○で囲み，その下のマーク欄をマークしてください。

＜解答用紙記入例＞

解答科目 Subject		
物 理 Physics	化 学 Chemistry	生 物 Biology
●	○	○

科目が正しくマークされていないと，採点されません。

問１　図１―１のように，自然長 l の軽いばねと長さ r の軽くて伸び縮みしない糸１をつなぎ，両端を水平となるように固定した。ばねの側の端を点 A，糸の側の端を点 B，ばねと糸のつなぎ目を点 P とする。点 A，B 間の距離は d である。

次に，点 P に質量 M の小球を軽くて伸び縮みしない糸２で静かにつり下げたところ，図１―２のように，ばねが伸びて小球が静止した。このとき，ばねの全長は L，$\angle \mathrm{PAB} = \alpha$，$\angle \mathrm{PBA} = \beta$ となった。ばね定数を k，重力加速度の大きさを g とする。

ばねの弾性力の大きさを F，糸１の張力の大きさを T_1，糸２の張力の大きさを T_2 とすると，小球が静止しているときの水平方向のつりあいの式は [(a)] であり，鉛直方向のつりあいの式は [(b)] である。ばねの弾性力の大きさは自然長 l を使わずに $F =$ [(c)] と表すことができ，$\sin\alpha =$ [(d)]，$\cos\alpha =$ [(e)] である。小球の質量は [(f)] と表せる。

小球の質量を大きくしても，ばねがある長さ以上となることはない。この長さは [(g)] である。

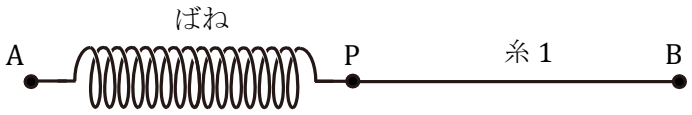


図１―１

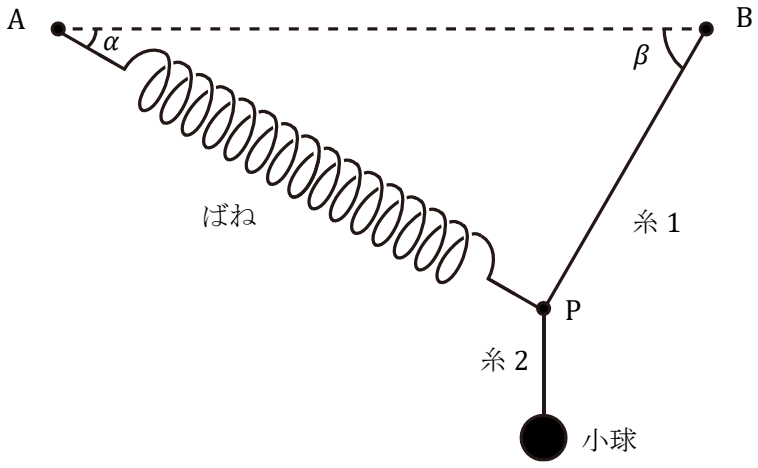


図１―２

[(a)] から [(g)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢 1

① $F = T_1$　② $F = T_2$　③ $T_1 = T_2$

④ $F\cos\alpha = T_1\cos\beta$　⑤ $F\sin\alpha = T_1\sin\beta$　⑥ $T_1\cos\alpha = T_2$

(b) の選択肢 2

① $F = T_1 + T_2$　② $T_2 = F + T_1$

③ $T_1 = T_2$　④ $F\cos\alpha = T_1\cos\beta + T_2$

⑤ $F\sin\alpha = T_1\sin\beta + T_2$　⑥ $T_2 = F\sin\alpha + T_1\sin\beta$

(c) の選択肢 3

① kL　② $k(L-d)$　③ $k(L-r)$

④ $k(d-r)$　⑤ $k(L-d+r)$　⑥ $k(L-d-r)$

(d) の選択肢 4

① $\dfrac{r\cos\beta}{L}$　② $\dfrac{d-r\cos\beta}{L}$　③ $\dfrac{d+r\cos\beta}{L}$

④ $\dfrac{r\sin\beta}{L}$　⑤ $\dfrac{d-r\sin\beta}{L}$　⑥ $\dfrac{d+r\sin\beta}{L}$

(e) の選択肢 5

① $\dfrac{r\cos\beta}{L}$　② $\dfrac{d-r\cos\beta}{L}$　③ $\dfrac{d+r\cos\beta}{L}$

④ $\dfrac{r\sin\beta}{L}$　⑤ $\dfrac{d-r\sin\beta}{L}$　⑥ $\dfrac{d+r\sin\beta}{L}$

(f) の選択肢 6

① $\frac{k}{gL}\tan\beta$　② $\frac{k}{gL}\cos\beta$　③ $\frac{k}{gL}\sin\beta$

④ $\frac{kd(L-d+r)}{gL}\tan\beta$　⑤ $\frac{kd(L-d+r)}{gL}\cos\beta$　⑥ $\frac{kd(L-d+r)}{gL}\sin\beta$

(g) の選択肢 7

① d　② r　③ $d-r$

④ $\sqrt{d^2-r^2}$　⑤ $\sqrt{d^2+r^2}$　⑥ $\sqrt{dr}$

問２　図２―１のように，鉛直上向きに y 軸をとり，シリンダーとピストンを配置した。なめらかに動く断面積が S [m^2] のピストンによってシリンダー内に単原子分子の理想気体 n [mol] を密閉した。このとき，シリンダー内の体積が V_0 [m^3]，圧力が $\frac{1}{2}P_0$ [Pa] となった。シリンダー近辺の大気圧を P_0 [Pa]，重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。ピストンの質量は (a) [kg] である。

シリンダーを回転軸を中心に 180° ゆっくりと回転させ，図２―２のようにする実験を行った。

まず，ピストンとシリンダーが熱をよく伝え，シリンダー内の気体の温度は大気の温度と等しくなるものとする。回転後のシリンダー内の気体の圧力は (b) [Pa] であり，体積は (c) [m^3] である。シリンダーを 180° 回転させる過程で，熱量は (d)。

次に，ピストンとシリンダーを断熱材でできたものに取り替えて，同じ実験を行う。はじめ，シリンダー内の気体の温度は大気の温度に等しいものとする。シリンダーを 180° 回転させる過程で，熱量は (e) ことから，シリンダー内の気体の温度は (f)。

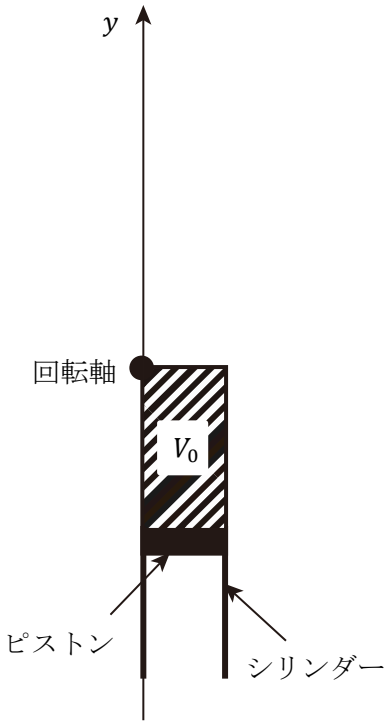


図２―１

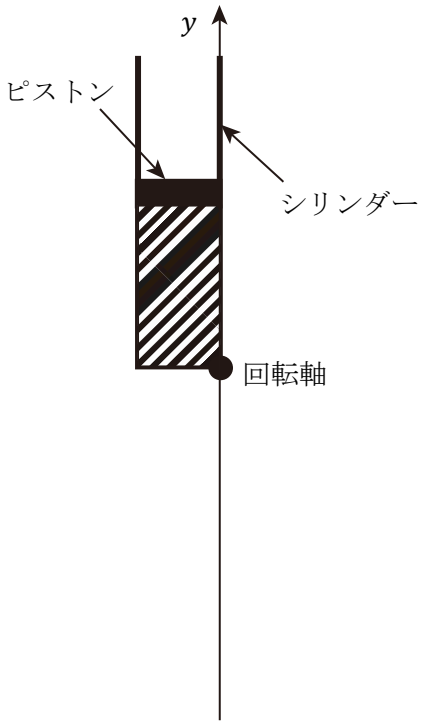


図２―２

(a) から (c) に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(d) から (f) に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～③のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢 8

① 0　② $\frac{P_0S}{3g}$　③ $\frac{P_0S}{2g}$

④ $\frac{P_0S}{g}$　⑤ $\frac{3P_0S}{2g}$　⑥ $\frac{2P_0S}{g}$

(b) の選択肢 9

① $\frac{P_0}{4}$　② $\frac{P_0}{2}$　③ P_0

④ $\frac{3P_0}{2}$　⑤ $2P_0$　⑥ $4P_0$

(c) の選択肢 10

① $\frac{1}{5}V_0$　② $\frac{1}{4}V_0$　③ $\frac{1}{3}V_0$

④ $\frac{1}{2}V_0$　⑤ V_0　⑥ $3V_0$

(d) の選択肢 11

① シリンダー内から外部に移動する
② 外部からシリンダー内に移動する
③ 移動しない

(e) の選択肢 12

① シリンダー内から外部に移動する
② 外部からシリンダー内に移動する
③ 移動しない

(f) の選択肢 13

① 大気の温度と等しくなる

② 大気の温度より高くなる

③ 大気の温度より低くなる

問３　図３―１のように，振動数 f_0 の音波を発する音源が速さ v で直線の軌道上を動いている。軌道上の前方にある点Ａの位置に観測者がいる。空気中の音速を V とし，音源の速さ v は音速 V より小さいものとする。

音源の前方の音波の波長は [(a)] である。観測者が点Ａの位置から音源と同じ向きに速さ v ($v < V$) で動いているとき，観測者が聞く音の振動数は [(b)] である。

図３―２のように，軌道から距離 l はなれた点Ｐに観測者がいる場合を考える。ただし，音源の速さと音速の間には $V = 2v$ の関係が成り立っているものとする。図３―２のように，音源と点Ｐを結ぶ直線と音源の運動方向のなす角が θ の地点Ｑで，音源が発した音波について考える。このとき，点Ｐへ向かう方向の音源の速度成分は [(c)] であることから，点Ｑで音源が発した音波は点Ｐでは振動数 [(d)] で観測される。

音源が十分遠くから近づき，十分遠くまで遠ざかる場合を考える。点Ｐで観測される振動数 f のとりうる値の範囲は [(e)] $< f <$ [(f)] である。



図３―１

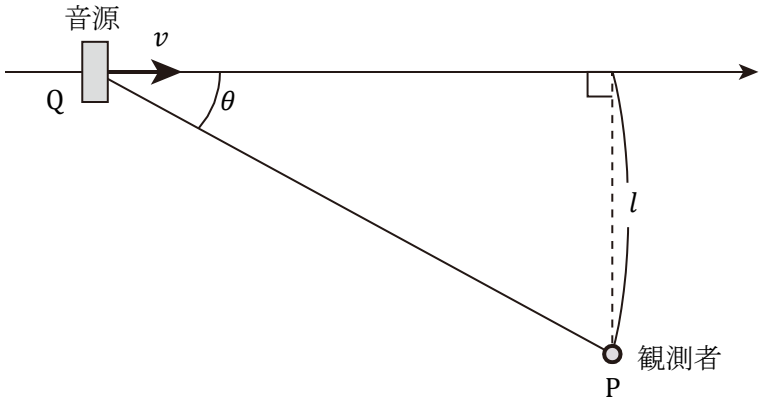


図３―２

[(a)] から [(f)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢 14

① $\dfrac{v-V}{f_0}$　② $\dfrac{V+v}{f_0}$　③ $\dfrac{V-v}{f_0}$

④ $\dfrac{V}{f_0}$　⑤ $\dfrac{v}{f_0}$　⑥ $\dfrac{2v}{f_0}$

(b) の選択肢 15

① $\dfrac{vf_0}{v-V}$　② $\dfrac{V-v}{v-V}f_0$　③ $\dfrac{v}{V-v}f_0$

④ f_0　⑤ $\dfrac{V+v}{V-v}f_0$　⑥ $\dfrac{V}{V-v}f_0$

(c) の選択肢 16

① $v\sin\theta$　② $v\cos\theta$　③ $v\tan\theta$

④ $\dfrac{1}{v\sin\theta}$　⑤ $\dfrac{1}{v\cos\theta}$　⑥ $\dfrac{1}{v\tan\theta}$

(d) の選択肢 17

① $\dfrac{f_0}{1-\cos\theta}$　② $\dfrac{f_0}{2-\cos\theta}$　③ $\dfrac{2f_0}{2-\cos\theta}$

④ $\dfrac{f_0}{1+\cos\theta}$　⑤ $\dfrac{f_0}{2+\cos\theta}$　⑥ $\dfrac{2f_0}{2+\cos\theta}$

(e) の選択肢 18

① 0　② $\dfrac{1}{2}f_0$　③ $\dfrac{2}{3}f_0$

④ f_0　⑤ $2f_0$　⑥ $4f_0$

(f) の選択肢 19

① $\frac{1}{3}f_0$　② $\frac{1}{2}f_0$　③ f_0

④ $\frac{3}{2}f_0$　⑤ $2f_0$　⑥ $5f_0$

問４　図４―１のように，断面積 S の鉄芯に巻き数 N_{A}，長さ l のコイル A と，巻き数 N_{B}，長さ l のコイル B を巻きつけてある。コイル A には電源と抵抗値 R の抵抗 $\mathrm{R_A}$ が直列に接続されている。また，コイル B には抵抗値が R の抵抗 $\mathrm{R_B}$ が直列に接続されている。ただし，鉄芯の透磁率は μ であり，鉄芯は電力の損失がない。また，鉄芯の内部を貫く磁束は外部には漏れず，コイル A，コイル B を貫く磁束は同じである。

抵抗 $\mathrm{R_A}$ での電圧降下が V のとき，抵抗 $\mathrm{R_A}$ に流れている電流の大きさは [(a)] である。コイル A の自己インダクタンス L は $L =$ [(b)] であり，コイル A，コイル B の相互インダクタンス M は $M =$ [(c)] である。時間 Δt の間に抵抗 $\mathrm{R_A}$ を流れる電流が ΔI 増加した。ただし，$\Delta I > 0$ である。このとき，コイル A に発生する自己誘導起電力の大きさは [(d)] であり，コイル B に発生する相互誘導起電力の大きさは [(e)] である。

図４―２のように，周期が T，振幅が I_0 である三角波となる電流 I をコイル A に流した。コイル B に発生する誘導起電力 V_{B} の最大値は [(f)] であり，V_{B} の時間変化の１周期分を表したグラフは [(g)] である。ただし，図４―１の矢印の向きを電流の正の方向とし，矢印の向きに電流を流す起電力を正の起電力とする。

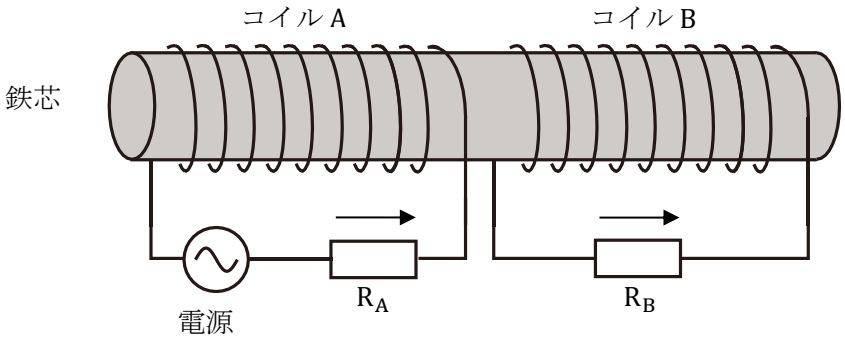


図４―１

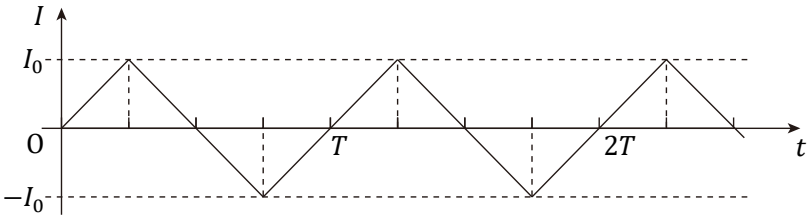


図４―２

[(a)] から [(g)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(a) の選択肢 20

① RV　② $\frac{R}{V}$　③ $\frac{\mu N_{\mathrm{A}}}{V}$

④ $\mu N_{\mathrm{A}} V$　⑤ $\frac{V}{R}$　⑥ $\frac{V}{\mu N_{\mathrm{A}}}$

(b) の選択肢 21

① $\frac{\mu N_{\mathrm{A}}}{S}$　② $\frac{\mu N_{\mathrm{A}}}{l}$　③ $\frac{\mu {N_{\mathrm{A}}}^2}{S}$

④ $\frac{\mu {N_{\mathrm{A}}}^2}{l}$　⑤ $\frac{\mu {N_{\mathrm{A}}}^2 l}{S}$　⑥ $\frac{\mu {N_{\mathrm{A}}}^2 S}{l}$

(c) の選択肢 22

① $\frac{\mu N_{\mathrm{B}}}{S}$　② $\frac{\mu N_{\mathrm{B}}}{l}$　③ $\frac{\mu {N_{\mathrm{B}}}^2}{S}$

④ $\frac{\mu {N_{\mathrm{B}}}^2}{l}$　⑤ $\frac{\mu N_{\mathrm{A}} N_{\mathrm{B}} l}{S}$　⑥ $\frac{\mu N_{\mathrm{A}} N_{\mathrm{B}} S}{l}$

(d) の選択肢 23

① $L\Delta t$　② $L\Delta I$　③ $\frac{L\Delta t}{\Delta I}$

④ $\frac{L\Delta I}{\Delta t}$　⑤ $\frac{\Delta t}{L\Delta I}$　⑥ $\frac{\Delta t}{L\Delta I}$

(e) の選択肢 24

① $M\Delta t$　② $M\Delta I$　③ $\dfrac{M\Delta t}{\Delta I}$

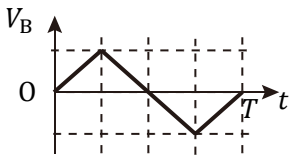
④ $\dfrac{M\Delta I}{\Delta t}$　⑤ $\dfrac{\Delta t}{M\Delta I}$　⑥ $\dfrac{\Delta t}{M\Delta I}$

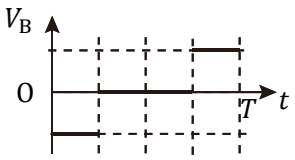
(f) の選択肢 25

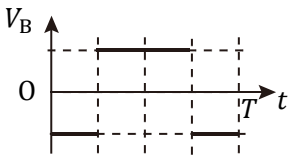
① $\dfrac{LI_0}{T}$　② $\dfrac{2LI_0}{T}$　③ $\dfrac{4LI_0}{T}$

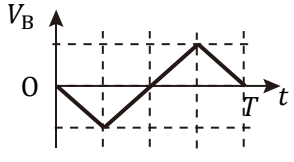
④ $\dfrac{MI_0}{T}$　⑤ $\dfrac{2MI_0}{T}$　⑥ $\dfrac{4MI_0}{T}$

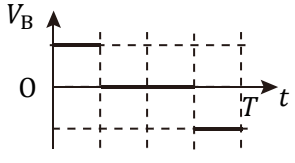
(g) の選択肢 26

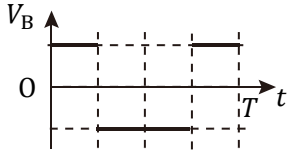
①


②


③


④


⑤


⑥


問５　ボーアの水素原子模型では，電子は静止している陽子を中心とした円軌道上を運動すると考える。円軌道の半径を r，電子の速さを v，質量を m とするとき，円運動の向心力の大きさは [(a)] である。電気素量を e，クーロンの法則の比例定数を k とすると，陽子と電子の間に作用するクーロン力の大きさは [(b)] となる。

円運動を行なっている電子の運動エネルギーは，円軌道の半径 r を用いると [(c)] と表される。クーロン力による電子の位置エネルギーは，無限遠を基準にとると [(d)] となる。したがって，円運動をしている電子の位置エネルギーと運動エネルギーの和は [(e)] となる。

プランク定数を h とすると，速さ v で運動する電子の物質波の波長は [(f)] となる。水素原子の電子が運動する円軌道の長さが物質波の波長の n 倍（n は正の整数）に一致するとき，安定な軌道を描き，円軌道の半径 r は [(g)] と求められる。

[(a)] から [(g)] に当てはまるものとして最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

[(a)] の選択肢　27

① mrv^2　② $\dfrac{mv^2}{2r}$　③ $\dfrac{mv^2}{2r^2}$

④ $2mrv^2$　⑤ $\dfrac{mv^2}{r}$　⑥ $\dfrac{mv^2}{r^2}$

[(b)] の選択肢　28

① $\dfrac{ke}{2r}$　② $\dfrac{ke^2}{2r}$　③ $\dfrac{ke^2}{2r^2}$

④ $\dfrac{ke}{r}$　⑤ $\dfrac{ke^2}{r}$　⑥ $\dfrac{ke^2}{r^2}$

(c) の選択肢 29

① $\frac{ke}{2r}$　② $\frac{ke^2}{2r}$　③ $\frac{ke^2}{2r^2}$

④ $\frac{ke}{r}$　⑤ $\frac{ke^2}{r}$　⑥ $\frac{ke^2}{r^2}$

(d) の選択肢 30

① $-\frac{ke}{2r}$　② $-\frac{ke^2}{2r}$　③ $-\frac{ke^2}{2r^2}$

④ $-\frac{ke}{r}$　⑤ $-\frac{ke^2}{r}$　⑥ $-\frac{ke^2}{r^2}$

(e) の選択肢 31

① $-\frac{ke}{2r}$　② $-\frac{ke^2}{2r}$　③ $-\frac{ke^2}{2r^2}$

④ $-\frac{ke}{r}$　⑤ $-\frac{ke^2}{r}$　⑥ $-\frac{ke^2}{r^2}$

(f) の選択肢 32

① hmv　② $\frac{mv}{h}$　③ $\frac{mv^2}{h}$

④ hmv^2　⑤ $\frac{h}{mv}$　⑥ $\frac{h}{mv^2}$

(g) の選択肢 33

① $\frac{\pi^2 kme^2}{h^2}n$　② $\frac{4\pi^2 kme^2}{h^2}n$　③ $\frac{4\pi^2 kme^2}{h^2}n^2$

④ $\frac{h^2}{\pi^2 kme^2}n$　⑤ $\frac{h^2}{4\pi^2 kme^2}n$　⑥ $\frac{h^2}{4\pi^2 kme^2}n^2$

物理の問題はこれで終わりです。解答欄の 34 ～ 75 はマークしないでください。

解答用紙の科目欄に「物理」が正しくマークしてあるか，もう一度確かめてください。

この問題冊子を持ち帰ることはできません。