問　　　題

Ⅰ.　振子の振動に関する問題

101. 次の振子が微小振動する場合の振動数(c/s)および周期を(sec)を求めよ

（ｉ）長さ　5（m).
（ii）長さ　3（m).
（iii）長さ　1（m).
（iv）長さ　60（cm).
（ｖ）長さ　25（cm).
（vi）長さ　15（cm).
（vii）長さ　7（cm).

102. 問題101の結果を用いて周期1(sec)および周期30(sec)を有する振子の長さを決定せよ.

103. 質量(gr)の錘をスプリングで吊して振動数40(c/s)の自由振動を生じさせるためには, スプリングのスティフネスをいくらにすればよいか.

104. スプリングに錘を吊した振動系の固有振動数を測定したところが50(c/s)であった. この錘にさらに5(gr)を加えたところ, 固有振動数は45(c/s)となった. この振動系のスティフネスを求め, さらに振動数を40(c/s)にするための方策を考えよ.

105. 固有振動数80(c/s)の振動系に初変位0.5(cm)を与えて静かに放したときの変位時間曲線および速度時間曲線を描け. またこのときの速度振幅(m/sec)を求めよ.

106. 問題105の振動系に初変位0.1(cm)と初速度3(m/sec)を与えた場合について(105)と同様の検討をせよ. なおこの場合の初期位相と振幅とを見出せ. また初変位0.1(cm)と初速度-3(m/sec)を与えた場合はどうか.

107. 長さ50(cm)の振子が微小振動するための振幅限界を見出せ. またこの限界に対応する初期条件を求めよ.

108. スティフネス　Kなるスプリングに質量　Mなる錘を静かに吊したときの指針の変位が

$$z=-\frac{Mg}{K}$$

で表されることを用い, この振動系の固有振動数 v_0 は

$$v_0=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{M}}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{z}}\qquad (c/s)$$

となることを示せ. なおcgs単位系を用いる場合には

$$v_0\approx\frac{5}{\sqrt{z}}\qquad (c/s)$$

と表されることをたしかめよ. この形は記憶するのに便利なものである.

109. 質量 Mがスティフネス Kなるスプリングで支持されており, a端も b端も独立に上下に運動することができるものとする. a点およびb点の変位と速度をそれぞれ q_1 , $\dot{q}_1$ および q_2 , $\dot{q}_2$ とし, a点に加わる外力をQ_1 , b 点に加わる外力をQ_2 とすると, LAGLANGEの運動方程式から

$$Q_1 = M\frac{d\dot{q}_1}{dt} + K(q_1 + q_2) + Mg \ ,$$

$$Q_2 = K(q_1 + q_2)$$

となることを証明せよ.

110. 前問の振動系にて, 外力が角周波数 $\omega(rad/\sec)$なる正弦波起振力の場合に

$$Q_1 = Q_{10}e^{-i\omega t} \ ,$$

$$Q_2 = -Mg + Q_{20}e^{-i\omega t}$$

と表わすと, 角周波数 ωなる力のみに注目し, 静的な力を考えないとすれば,
Q_{10}および Q_{20} はそれぞれ

$$Q_{10} = -i\left(\omega M - \frac{K}{\omega}\right)\dot{q}_1 + i\frac{K}{\omega}\dot{q}_2 \ ,$$

$$Q_{20} = +i\frac{K}{\omega}\dot{q}_1 + i\frac{K}{\omega}\dot{q}_2$$

で表わされることを示せ. ただし, $\dot{q}_1$および $\dot{q}_2$はそれぞれ a点および b点の速度振幅の尖頭値である.

111. 前問の結果を用い, $\dot{q}_2 = 0$ならしめるためには

$$\dot{q}_1 = \frac{i\omega Q_{10}}{K}\cdot\frac{1}{\dfrac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1} \ ,$$

$$Q_{20} = -i\frac{Q_{10}}{\dfrac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1}$$

なることを証明せよ. ただし, ω_0はこの振動系の固有角周波数である. この結果にて$\omega/\omega_0 \gg 1$ および $\omega/\omega_0 = 1$ の場合には, どのような現象がおきるかについて考察せよ. これは振動の遮断の問題として重要である.

112. 図のような剛体の核内に, 質量 M_2なる物体がスティフネス K なるバネで支持されていて, 核 M_1が x 方向に $\dot{\xi}_{10}e^{-i\omega t}$ なる振動速度で振動したときの M_2 の振動速度を $\dot{\xi}_{10}e^{-i\omega t}$, M_2 に加わる力を $F_{20}e^{-i\omega t}$ とすれば

$$F_{20} = \frac{K}{i\omega}(\dot{\xi}_{20} - \dot{\xi}_{10}) = -i\omega M_2\dot{\xi}_{20}$$

で表わされることを用いて

$$\dot{\xi}_{10} - \dot{\xi}_{20} = \frac{\omega M_2\dot{\xi}_{10}}{\omega M_2 - \dfrac{K}{\omega}}$$

なることを示せ. M_1と M_2との相対速度は核 M_1 の振動速度に比例することに注目せよ. これは水中速度マイクロホンの原理である.

113. 振子の振幅が大きな場合の振動方程式を求め, かつこれを解け.

114. 微小振動方程式の階を振幅の大きな場合に適用した場合の誤差について検討せよ.

Ⅱ. 発音体の振動に関する問題

201. 長さ1(m)の細い針金の質量が40(gr)であるとき, これを長さ50(cm)の区間に両端を固定してピンと張った場合の横振動の伝播速度(m/sec)を求めよ. ただし絃の張力は以下に示す値とする.

(a)　張力　1(kg).
(b)　〃　40(kg).
(c)　〃　100(kg).
(d)　〃　250(kg).
(e)　〃　1000(kg).

202. 前問にて各張力に対する絃の基本振動数(c/s)を求めよ. その結果, 振動数と伝播速度との数値の対応を吟味せよ.

203. 問題201の絃の各張力に対して基本振動姿態の運動のエネルギー, ポテンシャルエネルギーおよび全エネルギーを計算し, 張力とエネルギーとの関係を調べよ.

204. 前問の絃にて張力100(kg)の場合に初変位 $y_0 = 1(cm)$を与えたときの絃の各倍音の振幅を求めよ. ただし初変位を与える位置は

(a) $\frac{1}{2}l$,　(d) $\frac{1}{5}l$,　(g) $\frac{1}{8}l$,
(d) $\frac{1}{3}l$,　(e) $\frac{1}{6}l$,　(h) $\frac{1}{9}l$,
(c) $\frac{1}{4}l$,　(f) $\frac{1}{7}l$,　(i) $\frac{1}{10}l$,

とし, 倍音は第12倍音まで求めよ. 縦軸に振幅, 横軸に倍音順位を取って図示せよ.

205. 前問の結果を用いて絃を放した瞬間から以後の各時刻における絃の形を図示せよ. ただし時刻は基本周期の $\frac{1}{16}$ 間隔に取り, 時間の経過にしたがって絃の形がどのように変化するかを示せ. ただし初変位を加える位置は問題204の中の任意の一つを選定せよ.

206. 線密度0.01(kg/m), 長さ50(cm)の両端固定絃に張力400(N)を加えた場合の基本振動およびその上音振動数を求めよ. ただし制動係数は

(a) 振動係数　0,　(d) 振動係数　$10^{-2}\left(\frac{1}{\sec}\right)$,　(g) 振動係数　$10\left(\frac{1}{\sec}\right)$,
(b)　〃　$10^{-6}\left(\frac{1}{\sec}\right)$,　(e)　〃　10^{-1}(〃),　(h)　〃　100(〃),
(c)　〃　10^{-4}(〃),　(f)　〃　1(〃),　(i)　〃　1000(〃)

とする. この結果より制動係数が自由振動数に影響を与え始める限界を見出せ. また制動係数の影響の現われる範囲では上音振動数が基本振動数の整数倍とはならぬことを注意せよ.

207. 問題206の絃にて，絃上の任意の一点に持続交番起振力を加えて，変位の振幅を1(㎝)に保つためには起振力の大きさはいくらにすればよいか. ただし起振力の振動数は

（a）$\nu=100(c/s)$,　（b）$\nu=150(c/s)$,　（c）$\nu=200(c/s)$,　（d）$\nu=250(c/s)$,

（e）$\nu=300(c/s)$,　（f）$\nu=400(c/s)$,　（g）$\nu=500(c/s)$,　（h）$\nu=600(c/s)$,

（i）$\nu=800(c/s)$,　（j）$\nu=1000(c/s)$,　（k）$\nu=1100(c/s)$,

とし, 力を加える位置は

（ i ）$a=25\ (cm)$,　（vi）$a=7.14\ (cm)$,

（ii）$a=16.66\ (cm)$,　（vii）$a=6.25\ (cm)$,

（iii）$a=12.5\ (cm)$,　（viii）$a=5.55\ (cm)$,

（iv）$a=10\ (cm)$,　（ix）$a=5.0\ (cm)$,

（v）$a=8.33\ (cm)$,

208. 問題207の起振力を与えるために動電型の励振器を用い，磁束密度 $B=0.8\left(Web/m^2\right)$[8000ガウス] の磁界の中に有効長 $l'=5(m)$ の可動コイルを設けたとすると, コイルの電流 I はいくらにすればよいか. ただし励振器の振動部分の質量と弾性は無視できるものとし, 起振力は $F=Bl'I(N)$ で与えられるものとする.

209. 問題206の絃上の任意の一点を槌で打つ場合に，槌が絃に触っている時間の長さが絃の振動の振幅幅および上音の構成に影響を与える限界を見出せ. この結果より振幅をなるべく大きく保ちながら上音を急激に減少させるのに適した槌の接触時間を見出せ.

210. 槌で打った絃の振動姿態の瞬時波形を問題205に倣て図示せよ．この結果と問題205の結果とを比較せよ. ただし槌の接触時間, 打絃位置はパラメータとして色々に変化してそれぞれの場合について図を描け.

211. 絃の一端が完全に固定され, 他端が質量 Mなる錘で支持されている場合の絃の振動姿態を解析せよ. また両端が質量で固定されている場合はどうなるか.

212. 前問にて，質量の代りにバネ（スティフネス K）で支持されている場合はどうか.

213. 絃の端が, バネで支持された質量に接続されている場合の絃の振動姿態を解析せよ.

214. 面積密度 $0.1(kg/m^2)$の膜を張力1000(N/m)で張った周辺固定矩形膜の固有振動数を低いものから順に20個求めよ．ただし辺の長さは

$$a=50(cm),$$
$$b=30(cm)$$

とする.

215. 同じ膜を半径 $a=20(cm)$なら周辺固定円形膜にした場合の固有振動数を低いものから順に10個求めよ.

216. １辺の長さが10（㎝）なる正方形の軽金属箔の質量が2（gr）であるとき，この箔を１辺の長さが3（㎝）の正方形周辺固定膜として最低固有振動数を1000（c/s）にするためには，張力をいくらにすればよいか．なおこの場合の高次基準振動数を低いものから順に20個求め，その内で縮退を生じているものを指摘せよ．

217. 問題216の膜を半径2（㎝）の周辺固定円形膜として最低固有振動数を1000（c/s）にするための張力を求めよ．またその高次基準振動数を低いものから順に10個求めよ．

218. 問題216および217にて膜の最低固有振動数を5000（c/s）にするための膜の張力を求めよ．

219. 周辺固定円形膜の中央に質量 M なる錘を付加した振動系の固有振動数を求め，かつ膜の振動姿態を解析せよ．

220. 辺の長さ $x=a$，$y=b$ なる周辺固定矩形膜の上に，膜面と平行して長さ l なる両端固定絃が張られていて，膜面上の一点 $(x=x_1,\ y=y_1)$ と絃上の一点とが軽い棒で結合されている場合に，この振動系の振動姿態を吟味せよ．このような振動系は絃楽器によく見られるものである．

221. アルミニウムの効張力は $2.5\times10^8\,(N/m)$ であり，その密度は $2.7\times10^3\,(kg/m^3)$ である．半径3（㎝）の円形枠に張ったアルミニウム膜の達し得る最高の基本振動数を求めよ．またアルミニウムを0.05（㎜）の厚さの箔にした場合に許容し得る最大張力を求めよ．

222. 面積密度 $0.01(kg/m^3)$ の膜を半径50（㎝）の円形の枠に張力 $10^7\,(N/m)$ で張った場合の基本振動数を求めよ．この円形膜をテイムパニイ（太鼓）の振動膜となるようにテイムパニイの空洞に張った場合に固有振動数が1.45倍になったとすると，空洞の体積はいくらか．またこの膜-空洞結合振動系の基準振動数を低いものから順に5個求めよ．

223. YOUNGの弾性率 $E=19\times10^{10}\,(N/m^2)$，密度 $\rho=7.6\times10^3\,(kg/m^3)$，POISSON比 $\sigma=0.3$ の鋼板を半径3（㎝），厚さ１（㎜）の板にした場合の基本振動数を求めよ．この板の表面に $10e^{-i2\pi\nu t}\,(N/m)$ の圧力が一様に作用した場合の板の中心点の変位を求めよ．ただし板の裏面の空気の反作用は無視できるものとし，強制振動数を $\nu=0$ から5000（c/s）まで変化させて変位の周波数特性を描け．

224. 前問の板の中心に $100e^{-i2\pi\nu t}\,(N/m)$ なる力が集中して作用した場合の中心の変位を周波数を横軸にして描け．ただし $\nu=0\sim5000(c/s)$ とする．

225. 前問にて $\nu=1000,\ 3000,\ 5000(c/s)$ の場合の板の変位の形を描け．

226. 円形の中央に質量 M が付加された振動系の M が小さい範囲で固有振動数を表わす近似形式を求めよ．

III.　音波，音場に関する問題

301. 大気中のおとの伝播速度を支配する要因を列挙せよ．

302. 常温常圧の空気の体積弾性率および密度の値を求めよ．

303. 大気中の音速の温度による変化を吟味せよ．

304. 水中の音（縦波）の伝播速度を吟味し，その温度により変化を調べよ．

305. 広い平坦な水面に向って大気中から平面音波が入射する場合に, その反射係数および透過係数を入射角の函数として表わせ. 各係数を入射角を横軸にとって図示せよ. なお全反射臨界角が存在するかどうかを吟味し, 存在する場合にはその確度を求めよ.

306. 水中で発せられた音が大気に向って境界面に入射する場合について, 前問と同様の吟味をせよ.

307. 水と厚い鋼板とが平面状境界面で相接している場合に, 水中から鋼板に向って入射する平面波について前問と同様の吟味をせよ.

308. 広い空間内の一点 Pから１（㎞）離れた点 Aにあるサイレンが音を発してから0.5秒後に音を停止した. 一方 P点から2（㎞）離れた点 Bにある同じ強さのサイレンがAが発音する3秒前から1秒間音を発して後停止した. P点における音の強さが時間的経過にしたがって変化する有様を示せ(POISSON-STOKESの方法を用いよ).

309. 音の波長と振動数との関係を求める図表を作れ.

310. 周波数400(c/s), 音響出力10(㎽)の点音源から100(ｍ)離れた点の音圧 (N/m^2), 粒子速度(ｍ/sec) エネルギー流密度(W/m^2) および変位（ｍ）を求めよ. なお音圧は(μbar) でも表わせ. また**音圧レベル**で表わすと何デシベルか. ただし, 音圧レベルとは音圧の実効値 $0.0002(\mu bar)$ を0（dB）としたデシベル目盛のことをいう.

311. 周波数１（kc), 音響出力１（㎽）の点音源から10（ｍ）離れた点の音場について, 問題310に示した諸量を見出せ.

312. 周波数200（c/s), 音響出力１（W）の呼吸球から輻射される音場の音圧レベルが30（dB）となるのは音源からどの位離れた位置か. ただし大気中の音源の減衰は無視するものとす. なおこの音源から10（ｍ）離れた点の音圧, 音圧レベル, 粒子速度およびエネルギー流密度を求めよ.

313. 周波数200（c/s), 音響出力0.1（W）の点音源を平穏な広い水面上5（ｍ）の高さにおき, 持続音を発射させたときに, この点から１（㎞）離れた点の水面上１（ｍ）の位置の音場を求めよ.

314. 音波の媒質中に含まれている運動のエネルギー Tおよびポテンシャルエネルギー Uを速度ポテンシャル ϕを用いて表わすと

$$T = \iiint \frac{1}{2}\rho_0(1+s)\left\{\left(\frac{\partial\phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial z}\right)^2\right\}dv$$

$$\neq \frac{1}{2}\rho\iiint\left\{\left(\frac{\partial\phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial z}\right)^2\right\}dv \qquad (Joule),$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{\rho_0}{c^2}\iiint\left(\frac{\partial\phi}{\partial t}\right)^2 dv \qquad (Joule)$$

となることを証明せよ. ただし, $\rho_0 =$ 媒質の密度(kg/m^3), $s =$ 媒質の凝縮率, $c =$ 音速(m/sec), $dv = dxdydz(m^3)$ である.

315. 前問の結果を用い, 外向の対称球面波

$$\phi = \frac{1}{r}f(ct-r), \qquad r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

の T および U がそれぞれ

$$T = \frac{1}{2}\rho_0 \iiint \frac{1}{r^2}\left\{f'(ct-r) + \frac{1}{r} f(ct-r)\right\}^2 dv\,,$$
$$V = \frac{1}{2}\rho_0 \iiint \frac{1}{r^2}\{f'(ct-r)\}^2 dv$$

となることを証明せよ. そして T と U とが等しくなるために, r に与えるべき条件について考察せよ.

316. 強さ Q_1 および Q_2 なる二つの点音源を $2d$ だけ離してならべたとき, 原点から充分遠方の点 P の速度ポテンシャル ϕ は

$$\phi = \frac{|Q_1| + |Q_2|}{4\pi} \cdot \frac{e^{ikr}}{r} \cdot R(\theta)\,,$$

ただし

$$R(\theta) = \frac{1}{|Q_1| + |Q_2|}\left\{(Q_1 + Q_2)\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d\cos\theta\right) - i(Q_1 - Q_2)\sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\cos\theta\right)\right\}$$

で表わされることを証明せよ.

317. 前問において, $Q_1 = Q_2$ とすれば

$$R(\theta) = \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d\cos\theta\right)$$

となることを確かめよ. さらに $\frac{2d}{\lambda} = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$ の場合に, $R(\theta)$ の変化を計算して極座標上に描け. また輻射音場がいずれの方向で極大となるかを調べよ.

318. 前問 316 において, $Q_1 = -Q_2$ とすれば

$$R(\theta) = \sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\cos\theta\right)$$

となることを確かめよ. さらに $\frac{2d}{\lambda} = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$ の場合に $R(\theta)$ の変化を計算して極座標上に描け. また輻射音場がいずれの方向で極大となるかを調べよ.

319. 前問 316 において, $Q_2 e^{+i2\pi d/\lambda} = Q_1 e^{-i2\pi d/\lambda}$ とすると

$$R(\theta) = \cos\left\{\frac{2\pi d}{\lambda}(1-\cos\theta)\right\}$$

となることを証明せよ. さらに $\frac{2d}{\lambda} = \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ としたときの $R(\theta)$ の値を計算し, 極座標上に描け. 輻射音場がいずれの方向で極大となるかを調べよ.

320. 前問 316 において, $Q_2 e^{+i2\pi d/\lambda} = Q_1 e^{-i2\pi d/\lambda}$ とすると

$$R(\theta) = \sin\left\{\frac{2\pi d}{\lambda}(1-\cos\theta)\right\}$$

となることを証明せよ. さらに $\frac{2d}{\lambda} = \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ としたときの $R(\theta)$ の値を計算して極座標上に描け. 輻射音場がいずれの方向で極大となるかを調べよ.

321. 総出力 $P(W)$ なる指向性音源を中心とし, 充分大きな半径 $r(m)$ を持つ球面を考え, その上の音圧を $p(\theta,\varphi)\,(N/m^2)$ で表わす. 今, 球面上の一点における音圧を $p_1(\theta_1,\varphi_1)$ とし, 総出力 P_0 なる無指

向性音源を用いて同じ音圧をその点に生ぜしめたとする. しからば

$$\frac{P_0}{P} = g(\theta, \varphi),$$

$$g(\theta_1, \varphi_1) = \frac{p^2(\theta_1, \varphi_1)}{\dfrac{1}{4\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} p^2(\theta, \varphi)\sin\theta \cdot d\theta \cdot d\varphi}$$

で表わされることを証明せよ. $g(\theta_1, \varphi_1)$ を (θ_1, φ_1) 方向の**指向性利得**とよぶ.

322. 無限大バッフル中でピストン運動をする円板の指向性は $R(\theta) = \dfrac{2J_1(ka\sin\theta)}{ka\sin\theta}$ である. 前問の式を用い, 回転対称軸方向の指向性利得が

$$g_0 = \rho_0 cS\frac{(ka)^2}{2r_a},$$

$$r_a = \rho_0 cS\left\{1 - \frac{J_1(2ka)}{ka}\right\},$$

$$S = 2\pi a^2, \qquad a = \text{円板の半径}, \qquad k = 2\pi/\lambda$$

となることを示せ. ただし, $J_1(z)$は第一種のベッセル函数であって,

$$J_1(x) = \sum_{m=0}^{\infty}\frac{(-1)^m\left(\dfrac{1}{2}x\right)^{2m+1}}{m!(m+1)!},$$

$$\frac{J_1^2(x)}{x^2} = \sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\frac{(2m+2)!}{4\cdot m!(m+2)!\{(m+1)!\}^2}\left(\frac{x}{2}\right)^{2m},$$

$$\int_0^{\pi/2}\sin^{2m+1}\theta\cdot d\theta = \frac{2^m\cdot m!}{1\cdot 3\cdot 5\cdots(2m+1)}$$

なることを利用せよ.

323. 前問の g_0は $ka \ll 1$ のとき

$$g_0 \quad 1$$

となり, $ka \gg 1$ のときには

$$g_0 \quad \frac{1}{2}(ka)^2$$

で表わされることを示せ. **円板の指向性利得**は高音部では周波数の 2 乗に比例することを記憶せよ.

324. 円板が空気中で振動する場合の付加質量を計算せよ. ただし, 半径を 1（㎝）から 50（㎝）まで変化させ, 横軸に半径を取り縦軸に付加質量を取って図示せよ. また球について同様の図を描け.

325. 3 稜の長さがそれぞれ 5（m）, 4（m）および 3（m）の矩形空洞の規準振動数を低いものから順に 30 個求めよ. この内縮退を生じているものを指摘せよ. また各姿態の空気の運動状態を調べよ.

326. 3 稜の長さがそれぞれ 15（㎝）, 13（㎝）および 7（㎝）の空洞について前問と同様の計算をせよ.

327. 半径 1（m）の球の固有振動数を低いものから順次に 5 個求め, 各姿態の空気の運動状態を調べよ.

328. 前問にて半径を 10（㎝）としたらどうなるか.

329. 半径 20（㎝）の円形断面を有する筒の長さが 1（m）あるとき, この筒の内の空気の固有振動数を低いものから順に 10 個求め, 各姿態の空気の運動を調べよ. なお筒は両端閉鎖しているものとする. さら

にこの結果から,筒内で径方向に波動が生じ得る限界周波数を見出せ.

330. 半径3（㎝），長さ30（㎝）の一端閉鎖，一端開放管の最低固有振動数および制動係数（または減衰率）を求めよ. なお倍音の含み分について検討せよ.

331. 前問の管の両端を開放した場合について，同じような検討をせよ.

332. 半径10（㎝）の球形空洞に，半径2（㎝）の円形断面の円形管を長さ10（㎝）付加した共鳴器の固有振動数と制動係数（および減衰率）を求めよ.

333. 半径10（㎝）の球形空洞に半径2（㎝）の穴を穿ったHELMHOLTZ共鳴器の固有振動数と制動係数を求めよ. この結果と前問の結果とを比較検討せよ.

334. 容積　　の空洞に面積10(㎝)×20(㎝)の矩形の筒の長さ15（㎝）だけ取り付けた共鳴器の固有振動数と制動係数を求めよ.

335. 前問の共鳴器の筒のある位置から離れた箇所にもう一つの孔を10(㎝)×20(㎝)の大きさに穿ければその固有振動数と制動係数とはどう変るか.

336. 周波数500（c/s），音響出力10（mW）の点音源から15（㎝）離れた場所に共鳴器を置くと，遠方の音場はどう変るか.

337. 前問の音源が二重音源の場合にはどうか.

338. 問題336にて共鳴器を音源から10（m）離して置いた場合には共鳴器付近の音場はどうなるか.

339. ガソリンエンジンの気筒内で爆発の終った直後の音の伝播速度は何程か. ただし圧力は200気圧，温度は1000（℃）とし，気筒内のガスは0（℃），1気圧にて $\gamma = 1.35$，密度は $1.4(kg/m^3)$ のものとする.

340. エネルギー流密度 $0.1(W/m^2)$ の平面音波が大気中を伝播する場合に空気の温度変化の振幅は何程か.

341. ガソリンエンジンの気筒内で爆発が終った後,排気弁が開く瞬間の気筒内のガスの占めている面積は200（cc）であり，排気弁の開いたときの有効面積が $1(cm^2)$ であったとする. この気筒と弁がHELMHOLTZ共鳴器を形成するものと仮定して，常温常圧における固有振動数を求めよ. また気体の温度が546（℃）で圧力が1気圧の場合の固有振動数を求めよ.

342. 前問の排気弁が内径5（㎝），長さ1（m）の排気管に接続されている場合の気筒－弁－管系の固有振動数を求めよ. ただし常温常圧とする.

343. 直径1（㎝），長さ1（㎝）の頸のついた球形空洞に400（c/s）の固有振動を持たせるためには球の半径を何程にしたらよいか.

344. 両端開放のオルガン用パイプの基本振動数を250（c/s）にするためには長さを何程にすればよいか. ただし管は半径2（㎝）の円筒とする.

345. 半径1（㎝），長さ68.8（㎝）の管の中央に直径1（㎝）の円孔が穿たれていて，この円孔に長さ1（㎝），直径1（㎝）の円筒管が付加されている. この管の一端を閉鎖したときの他端から見た音響インピーダンスを求めてその周波数特性を図示せよ. かつその固有振動数を低いものから順に5個求めよ.

346. 前問にて管の一端を開放した場合の, 他端から見た音響インピーダンスを求めてその周波数特性を図示せよ. かつその固有振動数を低いものから順に5個求めよ.

347. 長さ50（cm）の両端固定絃が張力 $10^4(N)$で張られている．弦は円筒形でその半径は1（mm），線密度は0.04（kg/m）である．絃の中央を5（mm）引いて $t=0$の時刻に放したときに，この絃から音波として輻射される全音響出力(W)を表現する式を作れ. かつ $t=0$と $t=1(\mathrm{sec})$とにおける音響出力を求めよ. またその各時刻の音響出力の基本波と第二倍音との比を求めよ.

348. 半径 aなる球の表面の径方向振動速度分布が

$$u_r=\frac{1}{4}U_0(3\cos\theta+1)e^{-i2\pi\nu t}$$

であるとき, 輻射音場の波長 λが aに比して充分大きい範囲では, 輻射音場のエネルギー流密度は

$$\varpi=\frac{0.8}{81}\rho_0\frac{\nu^6\pi^6a^8}{c^5r^5}U_0^2\left[P_2(\cos\theta)\right]^2 \qquad (W/m^2)\,,$$

その音響出力は

$$\overline{W}=\frac{640\times10^{-7}}{81}\rho_0\frac{\nu^6\pi^7a^8}{c^5}U_0^2 \qquad (W)$$

であることを証明せよ. このような音源を**四重音源**という. 輻射音場のエネルギー流密度の指向特性を極座標にて図示せよ.