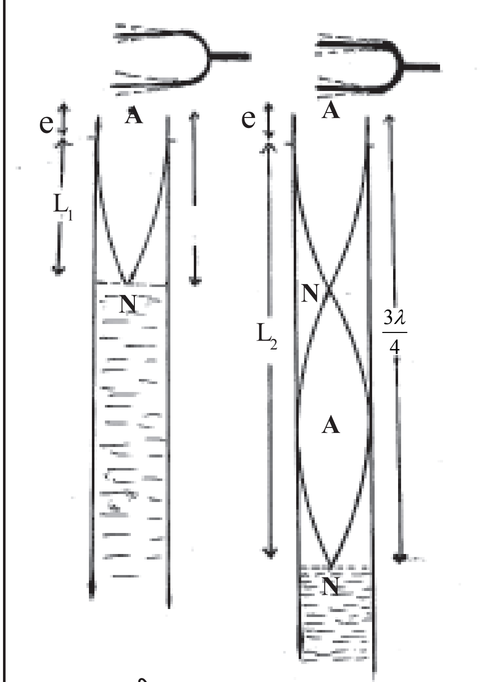
प्रयोग – 8

उद्देश्य – अनुनाद नली की सहायता से वायु में ध्वनि का वेग ज्ञात करना।

उपकरण एवं सामग्री – अनुनाद नली का उपकरण, साहुल, रबर का गट्टा, थर्मामीटर, पानी एवं n = 512 Hz एवं n = 480 Hz आवृति के दो स्वरित्र।

सिद्धान्त – कम्पन्न करता हुआ स्वरित्र वायु में सम्पीडन एवं विरलन के रूप में अनुदैर्ध्य तरंग उत्पन्न करता है। जब कम्पन्न करते स्वरित्र को अनुनाद नली के खुले सिरे के पास लाया जाता है, तो ये तरंगे नली के वायु स्तम्भ मे कम्पन्न उत्पन्न करती है। वायु स्तम्भ सीमित माध्यम होने से इसमे अनुदैर्ध्य अप्रगामी तरगें बनती है। जिनकी मूल आवृति वायु स्तम्भ की लम्बाई पर निर्भर करती है। वायु स्तम्भ की लम्बाई में परिवर्तन करने पर एक विशेष लम्बाई पर वायु स्तम्भ की मूल आवृति, स्वरित्र की आवृति के बराबर हो जाती है। इस समय ऊर्जा का अधिकतम संचरण स्वरित्र से वायु स्तम्भ मे होता है एवं वायु स्तम्भ का कम्पन्न आयाम एवं तीव्रता अधिकतम होती है।



इसे अनुनाद की अवस्था कहते है। इसी प्रकार का अनुनाद वायु स्तम्भ के कम्पनों के अनुनाद की द्वितीय अवस्था पर भी प्राप्त होता है, परन्तु आयाम पहले से कम होता है।

अनुनाद की प्रथम अवस्था में (चित्र से) $\frac{\lambda}{4} = L_1 + e$ ....(1)

तथा अनुनाद की द्वितीय अवस्था में (चित्र से) ....(2)

यहा L_1 = प्रथम अनुनादित लम्बाई,

L_2 = द्वितीय अनुनादित लम्बाई

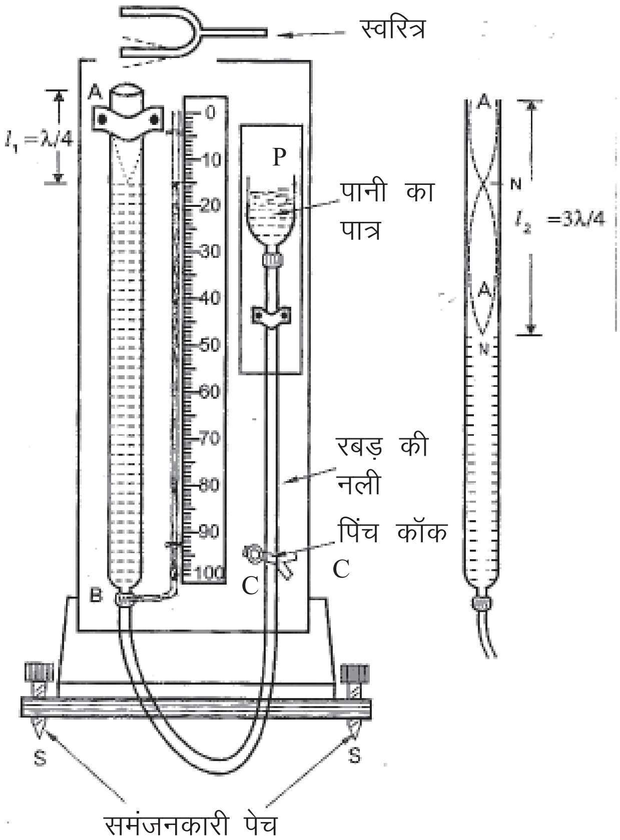
तथा e = सिरा संशोधन

नली में वायु स्तम्भ की सीमा पानी के तल पर तो स्पष्ट है अतः तल पर निस्पन्द बनता है। परन्तु खुले सिरे पर वायुस्तम्भ की सीमा स्पष्ट नहीं है, वायु के घनत्व में परिवर्तन एकदम सिरे पर नहीं होता धीरे–धीरे कुछ दूरी तक होता है। अतः प्रस्पन्द, नली के खुले सिरे से कुछ दूरी, e पर बनता है। इस दूरी को सिरा संशोधन कहते है।

समीकरण (2) एवं (1) से तथा $\lambda = 2(L_2 - L_1)$

चूकि तरंग वेग $v = n\lambda$ होता है अतः वायु मे ध्वनि का वेग $V = 2n(L_2 - L_1)$

उपकरण की बनावट – इस उपकरण में एक मीटर लम्बी नली एक स्टैण्ड पर चित्रानुसार उर्ध्व अवस्था में कसी होती है। नली के साथ एक मीटर स्केल लगी होती है जिसका शून्य, नली के खुले सिरे से सम्पाती होता है। नली के निचले सिरे से एक पतली पारदर्शी नली जो मीटर स्केल पर लगी है एवं रबर/पोलिथिन की नली से जुड़ा पानी का पात्र P संयोजित रहता है। चूंकि आपस में जुडें सभी पात्रों में पानी का तल समान रहता है अतः इस पात्र P से अनुनाद नली में पानी के तल में परिवर्तन करके वायुस्तम्भ की लम्बाई में परिवर्तन करते है। मीटर स्केल पर लगी पतली पारदर्शी नली में पानी के तल का पाठयांक नली में वायुस्तम्भ की लम्बाई दर्शाता है। पात्र की नली पर एक पिंच कॉक लगा होता है जो पानी के प्रवाह को नियंत्रित करता है।



चित्र

विधि –

1. अनुनाद नली को साहुल तथा समंजनकारी पेचों की सहायता से ठीक उर्ध्वाधर समायोजित करें।
2. पिंच कॉक को बंद रखते हुए अनुनाद नली को सिरे तक पानी से भरें।
3. पात्र P को निम्नतम स्तर तक लाकर स्थिर कर दें।
4. पिंच कॉक C को खोलें एवं नली के पानी को पात्र P में आने दे, इसी समय $n = 512$ Hz आवृति वाले स्वरित्र को रबर के गट्टे से टकराकर, नली A के खुले सिरे के पास लावें, अनुनाद नली में पानी का तल एक निश्चित स्थिति पर आने पर नली में तीव्र ध्वनि सुनाई देती है। तीव्र ध्वनि सुनाई देते ही पिंच कॉक को बंद कर दे। वायु स्तम्भ की इस लम्बाई L_1 का पाठयांक, मीटर स्केल पर लगी पारदर्शी नली में पानी की स्थिति पढकर लें। रबर के गट्टे को ऐसे स्थान पर रखें जहा स्वरित्र वाला हाथ आसानी से पंहुच जाए, क्योंकि आपके एक में स्वरित्र तथा दूसरे हाथ से पिंच कॉक का नियंत्रित करना होगा।
5. अनुनाद की द्वितीय अवस्था प्राप्त करने के लिए पिंच कॉक के द्वारा पानी को पात्र में आने दें, एवं

जब तल $3L_1$ से कुछ कम पर आ जाए तो पिंच कॉक से पानी को रोक दें। अब कम्पन्न करते स्वरित्र को नली के मुह के पास लाकर, पिंच कॉक से पानी के तल को धीरे–धीरे नीचा करें। तीव्र ध्वनि सुनाई देने पर अनुनाद की द्वितीय स्थिति में वायुस्तम्भ की लम्बाई, L_2 मीटर स्केल पर लगी नली से ज्ञात कर लें। इस बार वायु स्तम्भ में ध्वनि की तीव्रता पहले की तरह तीव्र नहीं होगी, क्योकि यह नली में अनुनाद की द्वितीय अवस्था है जिस पर आयाम कम होता है।

6. पिंच कॉक को बंद करके पानी के पात्र P को सर्वोच्च बिन्दु पर स्थिर करें एवं पिंच कार्क की सहायता से अनुनाद नली में पानी के तल को ऊपर करते हुए द्वितीय अनुनादित लम्बाई L_2 एवं प्रथम अनुनादित लम्बाई L_1 ज्ञात करें।

7. n = 480 Hz वाले स्वरित्र का उपयोग करते हुए प्रयोग को दोहरावें एवं प्रेक्षणों को सारणीबद्व करें।

नोट – पानी के पात्र को ऊपर नीचे करके भी वायुस्तम्भ की लम्बाई परिवर्तित की जा सकती है।

प्रेक्षण – प्रथम स्वरित्र की आवृति n_1 = 512 Hz

द्वितीय स्वरित्र की आवृति n_2 = 480 Hz

नली के अन्दर का ताप = ... ^0C

अनुनाद नली के खुले सिरे की स्थिति मीटर स्केल पर = ... सेमी.

प्रेक्षण सारणी –

[redacted]

गणना – सूत्र $v = 2n (L_2 - L_1)$ की सहायता से दोनों स्वरित्रों से प्राप्त वेग v_1 एव v_2 ज्ञात करते हैं एवं माध्य वेग $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$ की गणना करें।

$0\,^0C$ पर वायु मे ध्वनि के वेग के लिए सूत्र $v_0 = v_t - 0.61t$ का उपयोग करें। $v_0 = 0^0C$ पर वायु में ध्वनि का वेग, t = कमरे का ताप v_t = कमरे के ताप पर ध्वनि का वेग।

परिणाम – अनुनाद नली की सहायता से कमरे के ताप पर ध्वनि का वेग v_t = ------- m/s एवं $0\,^0C$ पर ध्वनि का वेग v_0 = ...m/s प्राप्त हुआ।

सावधानियां –

1. स्वरित्र को नरम रबर के गट्टे से ही कम्पित कराना चाहिए, अन्यथा स्वरित्र खराब हो सकता है।
2. स्वरित्र की भुजा नली के स्पर्श नहीं करे तथा स्वरित्र का सिरा नली के मुख के केन्द्र पर रहे।
3. नली में पानी के स्तर का पाठयांक मेनिस्कस (नवचंन्द्रक) के निचले सिरे से ले।

4. अनुनाद की द्वितीय स्थिति का पाठयांक सावधानी पूर्वक लें।
5. कमरे के ताप के स्थान पर नली के अन्दर के ताप का पाठयांक लें।

मौखिक प्रश्न

प्र. 1 द्विभुज स्वरित्र किसे कहते है?

उ. द्विभुज स्वरित्र U आकृति में मुड़ी छड़ के रूप मे होता है, जिसका हेन्डिल भारी होता है।

प्र. 2 स्वरित्र का क्या कार्य है?

उ. यह निश्चित आवृति का मूल स्वर उत्पन्न करता है।

प्र. 3 स्वरित्र की भुजाओं तथा हेन्डिल में किस प्रकार के कम्पन्न होते है?

उ. स्वरित्र की भुजाओं मे अनुप्रस्थ कम्पन्न तथा हेन्डिल मे अनुदैर्ध्य कम्पन्न होते है।

प्र. 4 स्वरित्र की आवृति का क्या अर्थ है?

उ. इस का अर्थ है कि स्वरित्र की भुजाए प्राकृतिक आवृति के बराबर कम्पन्न 1 सेकण्ड मे करती है।

प्र. 5 स्वरित्र की भुजा की लम्बाई एवं आवृति में क्या सम्बन्ध है?

उ. स्वरित्र की आवृति उसकी भुजाओ की लम्बाई के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

प्र. 6 स्वरित्र सामान्यतया 256, 288, 320, 484, 512 Hz आवृति के ही क्यों बनाये जाते है?

उ. ये आवृतियां संगीत की डाईटोनिक स्केल सारेगम के अष्ठक की आवृतियों के अनुसार होती है।

प्र. 9 अनुनाद किसे कहते है?

उ. अनुनाद प्रणोदित कम्पन्नो की वह विशेष अवस्था है जब वायुस्तम्भ की मूल आवृति स्वरित्र की आवृति बराबर हो जाए। इस अवस्था में स्वरित्र से वायुस्तम्भ मे ऊर्जा का अधिकतम हस्तान्तरण होता है।

प्र.10 सिरा संशोधन किसे कहते है?

उ. अनुनाद नली में वायु स्तम्भ के कम्पन्नों में खुले सिरे पर प्रस्पन्द की स्थिति सिरे से जितनी दूरी पर होती है इस दूरी को सिरा संशोधन कहते है।

प्र.11 प्रस्पन्द नली के खुले सिरे से कुछ दूर क्यों बनता है?

उ. नली के बाहर की वायु एवं नली के अन्दर की वायु दो भिन्न माध्यम होते हुए भी इनकी सीमा सुपरिभाषित नहीं है।

प्र.12 नली के अन्दर की वायु में कुछ आर्द्रता होने से ध्वनि का वेग किस प्रकार प्रभावित होता है?

उ. $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{d}}$ के अनुसार अन्दर वायु का धनत्व कम होने से अधिक वेग प्राप्त होता है।