

Megjelenik minden hónap ötödikén, harmadfélnagy nyolczadrét ivnyi tartalommal; időnként fametszetű ábrákkal illusztrálva.

# TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY. HAVI FOLYÓIRAT KÖZÉRDEKŰ ISMERETEK TERJESZTÉSÉRE.

E folyóiratot a társulat tagjai az évdíj fejében kapják; nem tagok részére a 30 ívből álló egész évfolyam előfizetési ára 5 forint.

55-<sup>IK</sup> FÜZET.

1874. MÁRCZIUS.

VI. KÖTET.

## VI. A HANG SZÍNEZETÉRŐL.

### II.

(Előadatott az 1874 január 2-ikán tartott természettudományi estélyen.)

Ha egymásután halljuk ugyanazon hangot zongorán, hegedűn vagy más hangszeren, habár magasságra és erősségre egyenlők, azonnal felismerjük a hangszert, melyből eredt. A hangoknak e jellemző tulajdonságát *hangszínezetnek* (Klangfarbe) nevezzük.

A hangszínezet számtalan változásnak van alávetve; nem tekintve azt, hogy hányféle hangszer adhatja ugyanazon magasságú hangot, még minden egyes, ugyanazon nemhez tartozó hangszerek hangjai is különböznek egymástól; de még az ugyanazon hangszeren különböző egyének által létesített hangok sem tökéletesen egyenlők. E tekintetben különösen kitűnnek az ú. n. vonóhangszerek, és mindenek fölött az emberi hang, melynek színezetéből biztosan felismerhetjük a beszélő vagy éneklő egyént.

Kérdés már most: mi okozza e különbséget?

Hangszínezetre nézve leginkább különböznek azon hangszerek hangjai, melyeken a hang más-más módon idéztetik elő. Különböznek ugyanis a fúvó- ép úgy mint a vonóhangszerek hangjai egymástól, de sokkal feltűnőbb a különbség a flauta és a hegedű hangja közt.

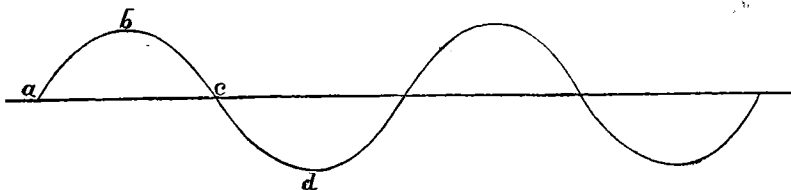
Ez tehát arra utal, hogy közelebbről megvizsgáljuk, mikép keletkezik a hang a különböző hangszerekben. Például a hegedűnél a húr a vonóhoz tapad, mi által ezt magával húzza, de rugalmasságánál fogva a húr csakhamar elválik a vonótól és visszapattan, mire a vonó ismét magával rántja, és ez így ismétlődik 100—200-szor egy másodperczenben, a mint a húr rugalmassága magával hozza. Ez tehát nem olyan rezgés, mint a melyet a ruganyos rúdön észleltünk, melynek rezgése tökéletesen hasonlított az inga lengéseihez. De minthogy a hegedűhúr részecsei más törvény szerint mozognak, erre talán nem is állanak az inga analogiájából kö-

vetkeztetett törvények a hangmagasságot illetőleg? — Azon egy főtörvényt azonban a kísérlet kétségen kívül helyezi, hogy egy mp-ben tett egyenlő számú rezgések egyenlő magasságú hangot adnak, legyen a rezgés bármily nemű. S minthogy a rezgési táglatnak csak a hang erősségére van befolyása, önkénynt párosítjuk a rezgés minőségét a hangszínezettel, mondván: *a hang színezete a mozgás minőségétől függ.*

De hogyan és miért? Hogyan kelljen az ingaszerű rezgés törvényeit másnemű rezgésekkel összeegyeztetni?

Ezen kérdések megoldása képezi jelen előadásom tulajdonképeni tárgyát.

Mi nem a rezgéseket halljuk, hanem csak az általuk előidézett levegő-hullámok képesek a hallás érzetét előidézni. Miért is a különböző rezgésekből származó hullámokat kell megvizsgálunk. Erre a mennyiségtan egy igen kényelmes módszerét alkalmazhatjuk, mely abban áll, hogy a levegő hullámjait görbékkel ábrázoljuk ily módon:

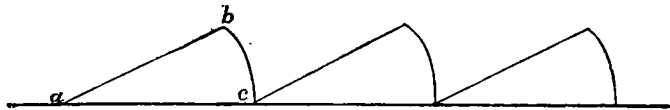


1-ső ábra.

E görbe jelentősége igen egyszerű, t. i. mentől inkább emelkedik az egyenes fölött, annál nagyobb sűrűséget jelez; ha a görbe eléri az egyenest, akkor a levegő normális sűrűségét jelöli; az egyenes alatt pedig ritkulást jelent. A levegő azon állapotát tehát, melyet ezen görbével ábrázolunk, le lehet róla olvasni: Eleinte a levegő mindinkább sűrűl, míg elér egy legnagyobb sűrűséget *b*-nél, ezen túl ép oly viszonyban ritkúl, mint a milyenben előbb sűrűdött, úgy hogy *c*-nél ismét eléri normális sűrűségét; de ezen túl még folyton ritkúl, míg *d*-nél a legnagyobb ritkulást éri el, a honnan ismét sűrűl s. i. t.; *ab*, *bc*, *cd* részek egyenlő hajlásából látjuk, hogy a sűrűlések ép oly módon mennek végbe mint a ritkulások; a mily mohón sűrűl a levegő, ép oly mohón ritkúl is.

Ilyen hullámok képződnek az ingaszerű rezgésből, mert a mint láttuk, a rugalmas rúd épp oly törvény szerint tér el nyugalmi helyzetéből, mint a mely szerint abba vissza siet. Az eltérés alkalmával sűríti, visszatértében ritkítja a levegőt.

A hegedű húrja azonban lassabban mozdul ki nyugalmi helyzetéből, mint a hogy visszatér. Azért a sűrűség nem oly mohó, mint a ritkulás. Továbbá a nyugalmi helyzet másik oldalára nem is tér ki, mint a ruganyos rúd, vagy a kézzel megpendített húr; ennél fogva a hullámait ábrázoló görbe az egyenesen alul nem terjed, hanem fölötte marad, mint a 2-ik ábra mutatja.

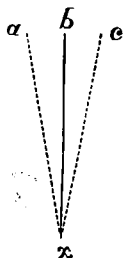


2-ik ábra.

Tehát a levegő  $a$ -tól  $b$ -ig sűrűl,  $b$ -nél eléri legnagyobb sűrűségét, a honnan  $c$ -ig mohón ritkúl, de csak a normális sűrűségig, s innen azonnal kezd ismét sűrűlni s i. t.

Jelentékenyen könnyíti vizsgálatunkat az, hogy ugyanezen görbék ábrázolhatják a mozgást is, mely e hullámokat létesíti, mert a mozgás görbéjét számos esetben magával a mozgó testtel rajzoltathatjuk le, miáltal természetű képét kapjuk a láthatatlan levegő hullámainak.

Ha ezen görbék görbületeivel a sebesség változását akarjuk jelölni, akkor az első ábra a rezgő rúd részecseinek mozgását ábrázolja. Képzeljük ugyanis, hogy a  $\delta x$  rúd (3-ik ábra)  $ac$  határok közt végzi rezgéseit;  $a$ -tól  $b$ -ig haladva sebessége mindinkább növekszik, és  $b$ -nél eléri legnagyobb értékét;  $b$ -tól  $c$ -ig a sebesség fogy;  $c$ -nél a rúd egy pillanatra megáll, az után az előbbi mozgás ellenkező irányban ismétlődik. Ha ezt szóról-szóra ismétlem, és t. hallgatóim nyomról-nyomra követik az első ábrán a betűket, akkor világos leend, miképp ábrázolja azon görbe e mozgás törvényét. Az ellenkező irányú mozgást az egyenes alatti rész ábrázolja. Világos leend egyszersmind,



3-ik ábra.

hogy a második ábra a hegedűhúr részecseinek mozgását tünteti elénk. Ez ugyanis lassabban térítettik el nyugalmi helyzetéből (melyet az egyenes ábrázol), mint a hogy ahhoz visszatér. Látjuk is, hogy a vonal  $a$ -tól  $b$ -ig, a legnagyobb sebességig, lassabban görbül, mint innen ismét visszafelé  $c$ -ig, t. i. nyugalmi helyzetéig. A görbe az egyenes alá nem megy, minthogy a húr az ellenkező irányba nem tér ki, hanem a mint nyugalmi helyzetét elérte, a vonó azonnal ismét magával rántja.

Látjuk tehát, hogy ugyanazon görbe, mely a mozgás által előidézett hullámokat ábrázolja, egyszersmind e mozgás törvényét is kifejezi, ha a görbület alatt a sebesség változását értjük.

Már előbb említettem, hogy a mozgási görbét sok esetben magával a mozgó testtel rajzoltathatjuk le; a mi igen természetesnek fog látszani, ha péld. a hegedűhúr mozgását kezemmel utánózom. Ha a kezemben tartott kréta mozgása közben a táblát éri, akkor az függélyes vonalat ír le; de ha ez alatt egyenletesen tovább haladok, akkor ezen függélyes vonal mintegy széthuzatik, és a 2-ik ábra görbójét képezi. Ezen görbe annál meredekebb lesz, minél gyorsabban változik kezem sebessége. Világos tehát, hogy az ily módon leirt vonal görbülete a sebesség változását tünteti elő. Ha kezemmel a rezgő rúd vagy a hangvilla mozgását utánózom, akkor az 1-ső ábra görbéje áll elő.

Természetihven kapjuk a hangvilla mozgási görbójét, ha a hangvilla végére írönt, vagy valamely hajlékony csúcsot erősíték, mely bekormozott üveglapra ír. Ha a hangvillát a vonóval meghúrom és gyorsan tovább mozgatom, mialatt a csúcs az üveglapot éri, akkor ez olyan görbét rajzol, mely tökéletesen hasonlít az első ábra görbójéhez. A miről meggyőződünk, ha e görbét lencse segítségével nagyítva e fehér lapra vetítem.

Látjuk tehát, hogy magával a mozgó testtel lerajzoltathatjuk a mozgási görbét, mely görbe egyszersmind a mozgás által előidézett levegőhullámokat tünteti elénk.

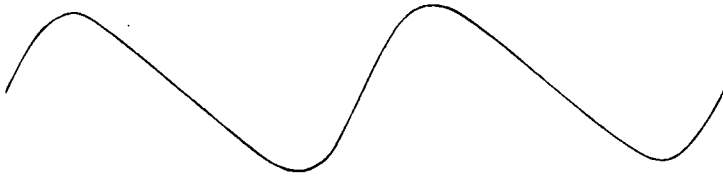
Ezen módszer eszközt nyújt összetett mozgások által előidézett hullámok tanulmányozására. Mert szükséges ismernünk a levegő állapotát, ha egyidejűleg két hang hat reá. Ezen czélből csak a két hang combinált mozgását rajzoltatjuk le, és előttünk lesz a görbe, melyről a kívántakat csak le kell olvasnunk.

Két mozgást pedig igen egyszerűen lehet combinálni. Képzeljük, hogy mialatt az egyik hangvilla csúcsa a kormozott üveglapra ír, azalatt maga az üveg is végez rezgéseket. Az üveglapon ily módon előállott görbe — a két mozgás összetételéből származott eredő mozgás görbéje.

Az üveglapot tehát hangvillára erősítem, mely péld. *c* hangot ad. Ezt erősen meghúrom, és fölötte az üveglapot érő, csúccsal ellátot hangvillát, mely ennek oktáváját adja, gyengébben meghúzva, az üveglapon gyorsan végig húrom. Ez által a 4-ik ábrán látható folytonos görbét kapjuk.

Tehát ilyen mozgás áll elő, ha két oly rezgést összegezünk, melyek közül az egyik kétszer annyi rezgést végez, mint a másik.

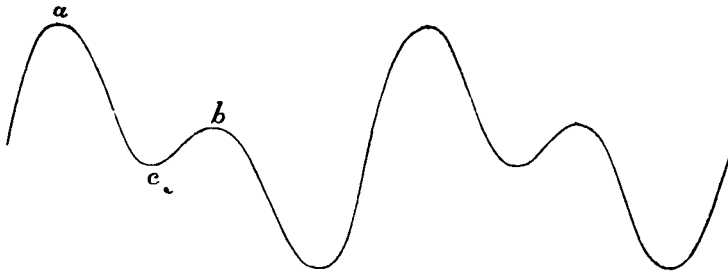
E görbe szintén periodikus mozgást ábrázol, mert egyenlő részekre osztva, az egyik részben ugyanaz történik, a mi a másikban. Ezen görbe azonban számtalan változásnak van alávetve, mely nem csak a két hang viszonylagos erősségéből származik, hanem



4-ik ábra.

attól is függ, hogy a rezgések mily pházisban találkoznak. De mindig periodikus mozgás áll elő, mindig szabályos rezgéseket ábrázoló görbe az, melyet itt kapunk. *Tehát bizonyos más nemű, de egy rezgésből is származhatnának ezen görbék, melyek ép úgy jellemzik a mozgást, mint az általa előidézett hullámokat.*

Nevezetes e görbéknek azon változása, mely előáll, ha a két hang körülbelül egyenlő erős. Ha ugyanis az előbb másodiknak vett hangvillát ép oly erősen húzom meg mint az elsőt, akkor az 5-ik ábrán látható görbét kapjuk.



5-ik ábra.

Az így előállott levegő-hullám tehát olyan, hogy egy periodusban két legnagyobb sűrűsége van *a*-nál és *b*-nél. Miután ugyanis a levegő *a*-tól *c*-ig ritkúl, és ismét összesűrül mielőtt még a legnagyobb ritkulást elérné.

A levegő hullámzását közvetetlen is észlelhetjük, mint azt már a múlt előadásom alkalmával egyes hangokra megmutattam. Ha most két hangot vezetek azon vékony nyílású csőbe, és pedig olyan két hangot, melyek egyike a másiknak octávája, akkor ezen görbéknek megfelelő csipkézetet kell kapnunk a forgó tűkörben. Ha az octáva tetemesen gyengébb az alaphangnál, akkor csak a csipkék alakja változik; de ha a két hang körülbelül

egyenlő erős, akkor kettős dudorodásokat és mélyedéseket látunk; az első nagyobb, a másik kisebb, — mint azt a hangvillák által képezett görbe (5-ik ábra) is mutatja.

Ép így van az a többi intervallumokkal. Ha quintet veszünk, akkor a hangvillák olyan görbét képeznek, melynek egy periodusában három dudorodás van; az illető orgonasípok által megrezentett láng szintén három dudorodást mutat a forgó tükörben. Mert az alaphang két rezgése alatt a quint három rezgést végez.

Ha azonban az octávát vagy a quintet elhangolom, akkor a hangvillák által képezett görbén nem találunk már szabályos periodusokat, a sípok által megrezentett láng képe is folyvást változik: *az eredő mozgás már nem periodikus mozgás, ez már nem állítható elő egy test rezgése által.*

Míg ezen kísérletek egyrészt mutatják, hogy a mozgás görbéje valóban jellemzi az előállott hullámokat, másrészt azon fontos következtetésre vezetnek, hogy az ingaszerű rezgések összetételéből más periodikus mozgás áll elő; de nem periodikus mozgás is állhat elő, a mi az egyes hangok rezgési számainak viszonyától függ.

A mit itt csak egyes esetekben mutathattam meg, azt a mathezis általánosan bizonyította be. Ugyanis Fourier, a legkíválóbb matematikusok egyike, megmutatta, hogy:

*minden periodikus mozgást egyes, oly ingaszerű mozgások összetételéből lehet előállítani, melyek tartama úgy viszonylik egymáshoz mint 1 : 2 : 3 sat.-hez.*

Tehát bármilynemű periodikus mozgást — a hegedűhúr rezgését is — elő lehet állítani egyszerű ingaszerű rezgésekből.

Ugyan ennek kell állani a mozgás által előállított hullámokról is. Tehát, hogy példánknál maradjunk, a hegedűhúr által előidézett hullámokat ingaszerű rezgések összetételéből állíthatjuk elő. Hogy melyek azon egyszerű hangok, és mily erőseknek kell lenniök, hogy épen a hegedű hangját adják eredményül, azt egyelőre nem határozhatjuk meg; de azt tudjuk, hogy azokból kell választani, melyeknek rezgési száma egymáshoz úgy viszonylik, mint 1 : 2 : 3 sat.-hez. Tehát a  $c$  hang előállítására kell az egyszerű hangokból először is ugyan ez a  $c$ , azután az, mely kétszer annyi rezgést végez ugyanazon időben: az előbbinek octávája a  $c'$ , továbbá az, a melyik 3-szor annyi rezgést végez: ezen octávának quintje  $g'$  sat. Ugyanezen hangokat adják a húrnak hányadrészei is. A húrnak fele adja az octávát, harmada ennek quintjét, negyede a második octávát s i. t.

Ime mi következik ebből? Minden különböző rezgés más-más hullámot létesít, mely hullámok tökéletesen előállíthatók több

egyszerű, ingaszerű rezgésből. *Tehát egy nem egyszerű rezgésből származott hang: több egyszerű hang összegéből áll.* Egy hangszerünk hangja sem áll elő ingaszerű rezgésekből, tehát ezek nem is egyszerű hangok, hanem azon egyszerű hangok összegéből állanak, melyeknek rezgési számai az előbb megnevezett viszonyban vannak.

E szerint a hegedű, zongora vagy flauta *c* hangja nem csupán ezen *c* hangból áll, hanem a már többször említett egyszerű hangokból képezett combinatio idézi bennünk elő azon sajátos, a hangszeret jellemző hangnak érzetét.

E tisztán logikai gondolkodás útján nyert eredményeket szerencsém lesz kísérletileg megmutatni. A természeti tudományok ép ezen tekintetben tűnnek ki a többi tudományok közül, ezek mutatják a logikai gondolkodás biztosságát, mert itt a gondolatmenet eredményét a valósággal összehasonlíthatjuk. Nem hivatkozunk auctoritásokra, hanem módot keresünk arra, hogy az eredményt láthassuk. Ép így hallani is akarjuk azon egyes hangokat, melyekből hangszereink hangjai állanak.

De a legfeltűnőbb az, hogy ezen elemi hangokat mindenki nem hallotta, és különösen hogy a zenészek sehol sem emlékeznek meg rólok. Pedig mi egyes hangokat egész hangcsoportban igen jól megtudunk különböztetni, egész könnyűséggel követjük az egy hangszerrel játszott melodiát egy egész orchesterben, még akkor is, ha erősebb hangok kísérik. Hogy ez az elemi hangok gyöngeségének nem róható fel, azt a következő kísérlet fogja megmutatni, mely alatt ezen hangokat egészen tisztán fogjuk hallani.

E monochord hurját meghúzva, a most hallható hangot adja; ha a húrt rezgésében meggátlom, péld. kezem érintése által, akkor a hang ismét megszűnik. De ha a húr ezen hangjában, ennek octávája is meg van, akkor ezen octáva háborítatlanul fog tovább hangzani, ha a húrt kellő közepén érintem meg, a hol az octávanak csomópontja van. A mint a rezgő húrt közepén megérintem, az alaphang eltűnik, és egészen tisztán halljuk az octávát. Ép így halljuk a duodecimet, ha a rezgő húrt harmadán érintem meg; a második octávát, ha negyedén, s i. t. Ezen hangokat, melyekből hangszereink hangjai alkotvák, *Helmholtz*, ezen egész tudományág megalapítója után, *felhangoknak* nevezzük.

Csodálatos tehát, hogy ezen erős hangok jelenlétéről a zenészek mitsem tudtak. De ez csak onnan van, mert figyelmüket nem irányozták kellőleg reájok. Így van az az érzéki benyomásokkal általában: az ember nem csak lát szemével és hall fülével, hanem, hogy fogalmat alkothasson magának arról a mi ezen benyomást gyakorolta, a közvetetlen benyomáshoz még a lélek sajátos

tevékenysége járul, mely azonban valamennyi érzékeinkre gyakorolt benyomásokat használja fel a fogalom megalkotására. Míg azt tapasztaljuk, hogy egy hegedűhang ilyen benyomást gyakorol, addig az ilyen benyomást egy hangnak tartjuk. Helmholtz találó példákat hoz fel erre az optikából. „Hányszor történik az, úgymond, hogy gyenge szemgyulladás által meglepett betegek azt tapasztalják, hogy szemcsék és fonalak, úgynevezett repdeső legyecskék uszkálnak szemükben, és a leghypochondrikusabb gondolatokra adnak alkalmat, mert újnak tartják, pedig többnyire egész életökön át szemök előtt lebegtek.“

„Ki veszi egy könnyen észre, hogy minden egészséges szem látterén van olyan folt, melyen semmit sem lát, az úgynevezett vakfolt? Hány ember tudja azt, hogy állandóan csak azon tárgyakat látja egyszerűen, melyekre mereven néz, s mindazokat melyek előre vagy hátra esnek, kétszeresen látja? Hány ilyen példa van még, melyekre csak érzékeink tudományos vizsgálata derített világot és makacsul elrejtve maradnak mindaddig, míg alkalmas eszközökkel sikerül figyelmünket reájuk irányítani, a mi gyakran a legnagyobb nehézségekkel jár.

A tünemények ezen osztályába tartoznak a *felhangok* is.

Igaz, hogy a közönséges accordban azonnal hallja a zenész, ha az octáva vagy a quint is benne van, mert itt az octáva és a quint maguk sem egyszerű hangok, és ezeknek felhangjai nagy szerepet játszanak az összhangzatban.

Mi azonban rendelkezünk egyszerű hangokkal is, legalább ezeket igen megközelítőkkel. Ezek a rezonanz-szekerényre állított hangvillák hangjai.

Az ezekkel képezett accordban már nem oly könnyű az egyes hangokat felismerni. Így péld. meghúzom a *c* hangot adó hangvillát: mély *U* hangzóhoz hasonló üres hangot hallunk; ha az octáváját is megszólaltatom, akkor ezen két hang egygyé olvad, mi által élénkebb hang származik. — Most már alig hinnők, hogy az octáva még hangzik, pedig tisztán halljuk, ha a *c*-t megszüntetem. E hangvillák segítségével közvetlen tanulmányozhatjuk a felhangok befolyását a hangszínezetre. Itt össze van állítva a *c*-nek 7 felhangja. Ha mind megszólaltatom, e kellemes tömött hangot halljuk, hasonlót az orgonáéhoz, és ha egymásután elnémítom az egyes felhangokat, a zöngé mindinkább üresebb lesz, és más-más jelleművé, más-más színezetűvé válik. Ép úgy változik a színezet, ha egyes felhangok feltűnnek erősségök által, vagy mások egészen kimaradnak, úgy hogy ezen egy hangsor



által számtalan színezetű hangot lehet létrehozni, melyek mind az alaphang magasságával birnak.

Ebből viszont látjuk, hogy olyan egyszerű — ingaszerű rezgésből keletkező — hangok, melyeknek rezgési száma úgy viszonylik egymáshoz mint 1 : 2 : 3 stb.-hez, egy hanggá olvadnak össze, mely hangnak színezete ezen összetevő hangok számától és erősségétől függ. Egyesek a sorrendből egészen hiányozhatnak.

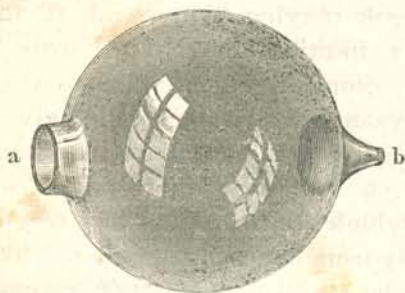
A hangzó húrnál egyes felhangok tényleg hiányoznak is, ha a rezgést felében, harmadában s i. t. indítjuk meg. Mert azon a helyen, a hol a húrt megrezzentem, csomópont nem származhatik, s ennél fogva mindazon hangok hiányzanak, melyeknek azon helyen csomópontjuk van. Ha tehát a húrt felező pontjában rezzentem meg, akkor az octáva nincs meg a zöngében, mert ennek itt csomópontja van; a miről meggyőződünk azáltal, ha a húr rezgését most is közepében megakadályozom; most az egész hang majdnem tökéletesen megszűnt. Míg ha a húrt nem közepén rezzentem meg, de a rezgést ott akadályozom meg, akkor az octávát egészen tisztán halljuk. Épp így hiányzik a zöngéből a duodecim, ha a húrt harmadában rezzentem meg, s i. t. Ebből egyszersmind látjuk, hogy mennyire függ a húr hangszínezete azon helytől, melyen a rezgést megindítjuk.

A hangszer-készítők gyakorlatból tudják, hogy a hang leg szebb akkor, ha a húr  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{9}$  részénél hozatik rezgésbe. Ez okból a zongorán a kalapácsok ezen említett helyeken ütik meg a húrokat; ide ugyanis a 6-ik felhangig egyiknek sem esik csomópontja, csak épen a hatodiké, mely azonban a zöngé előnyére esik ki, miután a septime, tehát a többivel dissonál.

Az egész gondolatmenet könnyebb áttekinthetése végett, legyen szabad összefoglalnom az eddig elmondottakat. Láttuk, hogy különböző rezgések egyenlő száma által ugyanazon magasságú hangok származnak, de különböző színezetűek. Kutatván ennek okát, arra jöttünk, hogy bármely rezgés által előidézett hullámokat több egyszerű rezgés által is lehet előállítani; vagyis az első által előidézett hangok több egyszerű hangot foglalnak magukban; ezeket felhangoknak neveztük. Úgy hogy most már így fejezhetjük ki magunkat: *a hang színezete a felhangoktól származik.* S ezzel egyrészt ezen felhangok jelenlétéről tényleg meggyőződünk, másrészt pedig ilyen egyszerű hangok összetételéből különböző színezetű hangokat állítottunk elő.

Eddig azonban csak a húrok felhangjait tanultuk ismerni, pedig igen egyszerű módon meghatározhatjuk bármely hangnak felhangjait. Múlt előadásom alkalmával ugyanis láttuk, hogy minden

hang vele egyidejűleg rezgő légoszlopot vagy más testet rezgésnek indít. Hogy ha tehát oly légoszlopot tartunk a hangforráshoz közel, mely egy felhanggal végez egyidejű rezgéseket, vagyis mely egy felhangra resonál, akkor ezt jelentékenyen megerősíti. Igen kényelmesen végre lehet hajtani ezen kísérleteket Helmholtz gömbalakú resonatorjával (6-ik ábra). Egyik nyílását



6-ik ábra.

(a) a hangforráshoz tartjuk, míg a másik töltsér alakú végét (b) a fülbe illesztjük. Az így elzárt légtömeg bizonyos magasságú hangot ad, mely péld. az által hozható létre, hogy szélesebb nyílására fúvunk. Ha közelében ugyan e hang szólal meg, akár mint alaphang, akár mint felhang, akkor a légtömeg erősen velehangzik, és az-

által, hogy a halljártat levegője ezzel közvetlen összeköttetésben van, fokozott intenzitással hat a fülre. Ha az észlelő egyik fülét bedugja és a másikhoz a resonátort illeszti, akkor a közelben hangzó legtöbb hangot halkabban hallja, mint közönségesen; de ha a resonator saját hangja szólal meg, ez meglepő erősséggel hatol a fülbe. Ez által lehetővé válik mindenkinek, még a zeneileg teljesen műveletlen hallású egyénnek is, egyes gyenge hangokat egész hangcsoportban felismerni. Ily resonatoroknak jól hangolt sorával tehát biztosan meg lehet határozni bármely zöngének felhangjait.

A nélkül, hogy az egyes hangszerek hangjainak részletes elemzésébe bocsátkoznám, csak az általános szabályokat akarom röviden előadni, melyek szerint a hangszínezet a felhangok erősségétől és számától függ.

Az egyszerű hangok, mint minők a hangvillák hangjai rezonanz-szekrényen, és a gyengén megfűjt, széles, fődött orgonasípok, kellemesen hangznak, de erőtlenül és üresen.

Olyan zöngék, melyek a felhangok sora által bizonyos magasságig, péld. a 6-ikig, gyengén kísértetnek, tömöttebbek, nagyobb hatásúak, s mindaddig kellemesek, míg a magasabb felhangok hiányzanak. Ide tartoznak a zongora hangjai, a nyílt orgonasípkéi, a gyöngé emberi hang és a kürt, mely utóbbi átmenetet képez magasabb felhangokkal bíró zöngékhez, míg a flauta és az orgonának gyöngén megfűjt flautaregistere az egyszerű hangokhoz közelítenek.

Ha csak a 3-dik, 5-dik, általában a páratlan számú felhangok

vannak jelen, mint szűk fődött orgonasípoknál, a közepén megütött zongorahúroknál és a clarinettenél, akkor a hang kongó, ha pedig a magasabb felhangok is meg vannak, akkor sziszegő jellemű. Ha az alaphang erőssége túlnyomó, akkor tömött, míg ha az alaphang nem elég erős a felhangokhoz képest, a zöngé üres. Azért a tágabb nyílt orgonasípok hangjai tömöttebbek, mint a szűkebbekéi, a hurok hangjai tömöttebbek, ha a zongora kalapácsaival üttetnek meg, mintha az kemény fadarabbal történik, vagy ha az újakkal pendíttetnek meg. A nyelvsípok hangjai tömöttebbek, ha rezonanz-csővel vannak ellátva, mint annélkül.

Ha a magasabb felhangok a hatodik és hetedik fokon túl is erősek, tisztán kivehetők, akkor a zöngé éles, kemény. Ennek oka különösen abban rejlik, hogy ezen magasabb felhangok egymással dissonálnak. De azért, ha nem túlnyomó erősségűek, a zenében igen jól használhatók, különösen a zenei karakteristika kifejezésére. E tekintetben különösen fontosak a vonó-hangszerek, a legtöbb nyelvsíp, az oboe, fagott, physharmonica és az emberi hang. A fémhangszerek nyersebb és zörejnemű zöngéi igen áthatók, és tetszőleg erősebbek mint ugyanoly erős, de lágyab hangszínezetű zöngék. Önmagukban azért nem használhatók, de a zenekarban nagy hatásuk.

Egy hangszer azonban különös figyelmet érdemel, nem csak mert valamennyi hangszer között legnagyobb hatást képes gyakorolni kedélyünkre, de különösen azért, mert jellemző tulajdonsággal ruhazza fel az egész emberiséget. — Értem az ember természetes hangszerét, az éneklést és beszélést. A beszéd lényeges alkatrészei a magánhangzók, melyek csak különböző, sajátos színezetű zöngék. A mássalhangzók nem szabályos zöngék, hanem csak a légáram szabálytalan megszakítása által keletkeznek.

De hogyan származhatnak egy és ugyanazon hangszerből más-más színezetű zöngék?

Az emberi hang az által keletkezik, hogy a tüdőből a levegő a légcsővön át hajtatik, melynek végére hártya-nemű szalagok vannak erősítve; ezeket az úgynevezett hangszálagokat a légáram rezgésbe hozza; összehúzódásuk és kitágulásuk következtében változik a hang magassága. A szájüreg a rezonátor szerepét játszsza, mely alakjának változása által majd az alaphangra, majd valamely felhangra rezonál. Az által, hogy különböző felhangok különböző erősséggel lépnek fel, előáll a hangszínezetnek azon csodálatos változása, mely az egyes magánhangzókat jellemzi.

Ha „U“-t mondunk, akkor a szájüreget lehetőleg kitágítjuk, míg nyílása keskenynyé válik az ajkak összehúzódása által; ekkor a szájüreg lehetőleg mélyre van hangolva, és azért az alaphangot erősíti meg, míg a felhangok háttérbe szoríttatnak. „O“-nál a száj nyílása nagyobb, mi által magasabb hangra resonál. „A“-nál a száj egy belülről kifelé táguló tölcserhez hasonlít, ezen alakjánál egy octávával magasabbra van hangolva mint O-nál, s ekkor azon felhangokat erősíti meg, melyek  $b_2$  (a sopran magas  $b$ -je) körül fekszenek; minthogy a száj nyitott, a zöngére a többi felhangok is jelentékeny befolyást gyakorolnak.

Ezen hangzók kiejtése alkalmával a száj mindig csak egy hangra resonál, de „F“, „U“ és „E“-nél két hangot erősít meg egyszerre. Ezen hangzók kiejtésénél ugyanis a száj hátsó ürege kitágul, míg a nyelv a felső inyhez emelkedik, melylyel csatornát képez. Az alsó szájüreg egy mélyebb, a csatorna pedig egy magasabb hangot erősít meg.

A magánhangzók tehát olyan zöngék, melyekben egyes felhangok erősségük által tűnnek ki; de olyan két hang, melyek közül a magasabb majdnem oly erős mint a mélyebb, a lángot oly nemű rezgésbe hozza, hogy a forgó tükörben már nem egyszerű csipkézetet látunk, hanem az intervallumtól függő összetett csipkézetet. A mint ezt a sípoknál láttuk, úgy kell ennek mutatkozni az egyes magánhangzóknál is. És valóban, ha a magánhangzókat ezen tölcseralakú edénybe énekelem, melyből a hanghullámokat kaucsukcső vezet a vékony nyílású csőbe (7-ik ábra); akkor a



7-ik ábra.

megrezzentett láng képe a forgó tükörben egészen complicált csipkézeteket mutat.

Egyébiránt még egyszerűbb módon meggyőződhetik mindenki arról, hogy a magánhangzók csak különböző hangcsoportozatok. Ha ugyanis más módon ugyanazon hangokat

állítjuk elő, melyekből bizonyos magánhangzó áll, akkor ezek ily módon is létre jönnek. Ezt pedig a velehangzás segítségével egyszerűen eszközölhetjük a zongorán, a hol a szükséges hangok megvannak. Ha a húrokat szabadon bocsátjuk a pedál felemelése által, és lehetőleg közel a hurokhoz például „A“-t énekelünk a zongora valamely hangján, akkor mindazon húrok megrezdülnek, melyeknek hangjai az „A“-ban megvannak, mi által a

zongora teljesen tiszta „A“-val felel. Ép így adja vissza a többi magánhangzókat is.

Hogy a felhangok mily fontos szerepet játszanak a zenei összhangzatban, könnyen belátható. Ezekből és más a physika és physiologia által megállapított tényekből következtetni lehet a zenei összhangzat törvényeire, eme lényeges és hathatós eszközére azon művészetnek, mely legbensőbb érzelmeinknek és hangulatainknak oly bájos kifejezést ad.

KOHN GYULA.

## VII. AZ EGÉSZSÉG BECSE VALAMELY VÁROSRA NÉZVE.

PÉTENKOFER M.

müncheni egyetemi tanár két népszerű előadása.

MÁSODIK ELŐADÁS.\*

Reményelem, meggyőztem önöket arról, hogy valamely városnak egészsége ér valamit, már annyiban is, mivel egyszerű hiánya által, a betegség következtében, oly városban mint München, évenként milliók vesznek el hasztalanul. Hanem ezenkívül még egy más tényezőt is számításba kellene venni, mely mind emberségi, mind gazdasági tekintetben talán még magasabbán áll, és nagyobb mint a betegség által okozott veszteség és költségek, tudniillik a nyereséget életben és életerőben egy egész népességre nézve. Eddig csak arról szóltam, a mit az emberek átlag véve elkerülhetetlenül elvesztenek, ha megbetegednek, de arról nem, hogy mit nyerhetnek, ha meg nem betegeszknek, hanem egészségesek maradnak. Hányan vesztenek itt-ott már pusztán az által is rendkívül sokat, hogy bizonyos időben, bizonyos körülmények között nem működhetnek, személyes cselekvéssel fel nem léphetnek, és valamely dologba bele nem vághatnak! Hány családtól halljuk gyakran a fájdalmas szót: Ha akkor az apa vagy az anya vagy a családnak más munkás tagja beteg nem lett volna, vagy legalább csak még egy kis ideig élt volna! — akkor ez vagy amaz történt vagy nem történt volna, mi által a családnak nagy előnyököt biztosítanak, vagy attól hátrányokat hárítanak el. Az élet és egészség ezen becse, a fokozott életerő és hosszabb életkornak értéke kiesik minden számbavétel alól, itt egyetlen egy napi betegséget gyakran ezerek sem téríthetnek meg, nem hogy egy forinttal lehetne megtéríteni vagy csak összevetni is.

\* Az első előadás a februári füzetben közöltetett.



# Creative Commons License Deed

**Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)**

Ez a [Legal Code \(Jogi változat, vagyis a teljes licenc\)](#) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

[Figyelmeztetés](#)



## A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

## Az alábbi feltételekkel:



**Nevezd meg!** — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnévét, a Mű címét).



**Így add tovább!** — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

## Az alábbiak figyelembevételével:

**Engedély** — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől [eltérhetsz](#).

**Közkinccs** — Where the work or any of its elements is in the [public domain](#) under applicable law, that status is in no way affected by the license.

**Más jogok** — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or [fair use](#) rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző [személyhez fűződő](#) jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a [személyiségi jogok](#) vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.