

## ДІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРОВІДНИК ЗІ СТРУМОМ.

### Ознайомимося з гіпотезою Ампера.

Ерстед розіслав статтю з описом своїх дослідів усім провідним науковцям Європи. Французький математик і фізик А. Ампер уперше почув про досліди Ерстеда на засіданні Французької академії наук 4 вересня 1820 р. і вже за тиждень продемонстрував аудиторії взаємодію двох паралельно розташованих провідників зі струмом (рис. 1).

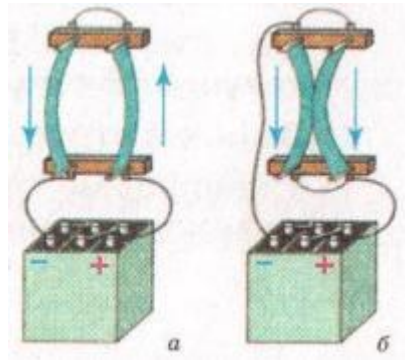


Рис. 1. Взаємодія двох паралельно розташованих провідників зі струмом.

Крім того, Ампер довів, що котушки, по яких проходить струм, поводяться як постійні магніти (рис. 2).

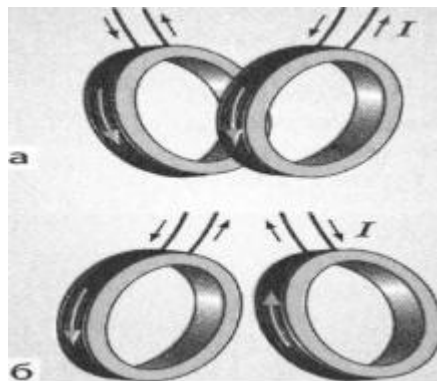


Рис. 2. Котушки, по яких проходить струм, поводяться як постійні магніти.

Проаналізувавши результати дослідів, Ампер зробив декілька висновків.

1. Навколо постійного магніту, або провідника зі струмом, або будь-якої рухомої зарядженої частинки існує магнітне поле.
2. Магнітне поле діє з деякою силою на заряджену частинку, що рухається в цьому полі.
3. Електричний струм являє собою напрямлений рух заряджених частинок, тому магнітне поле діє на провідник зі струмом.
4. Взаємодію провідника зі струмом і постійного магніту, а також взаємодію постійних магнітів можна пояснити, припустивши існування всередині магніту незгасаючих молекулярних електричних струмів. (Це припущення

назвали гіпотезою Ампера. Гіпотеза Ампера тільки частково пояснює магнітні властивості речовини. Сучасні уявлення про природу магнетизму ґрунтуються на законах квантової механіки.)

Таким чином, усі магнітні явища Ампер пояснював взаємодією заряджених частинок, що рухаються; взаємодія здійснюється через магнітні поля цих частинок.

**Магнітне поле** — особлива форма матерії, яка існує навколо заряджених частинок або тіл, що рухаються, і діє з деякою силою на інші заряджені частинки або тіла, що рухаються у цьому полі. Вивчаємо магнітне поле котушки зі струмом.

Звернемося до одного з дослідів Ампера. Змотаємо ізольований провід у котушку й пустимо по ньому струм. Якщо тепер навколо котушки розмістити магнітні стрілки, то до одного торця котушки стрілки повернуться північним полюсом, а до другого — південним (рис. 3).

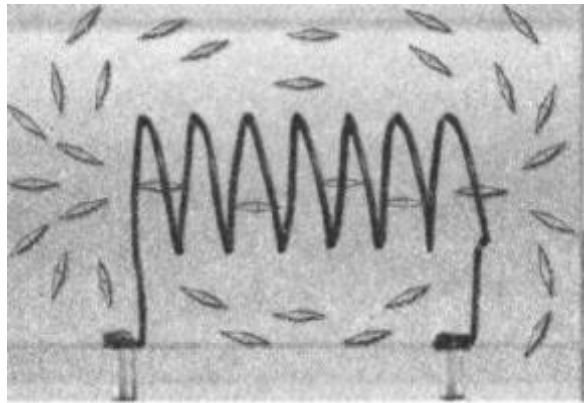


Рис. 3. Магнітні стрілки навколо котушки.

Отже, навколо котушки зі струмом існує магнітне поле.

Як і штабовий магніт, котушка зі струмом має два полюси — південний і північний. Полюси котушки розташовані на її торцях, і їх легко визначити за допомогою правої руки. А саме: якщо чотири зігнуті пальці правої руки спрямувати за напрямком струму в котушці, то відігнутий великий палець укаже напрямком на північний полюс котушки (рис. 4).

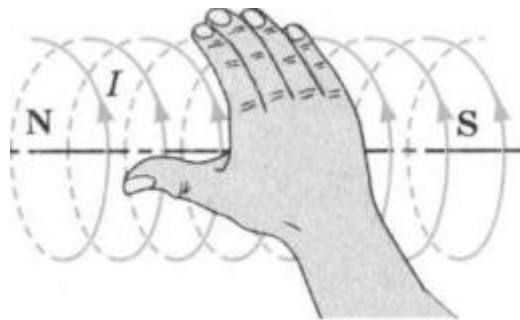
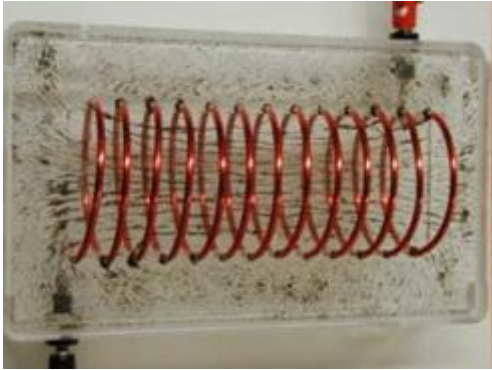


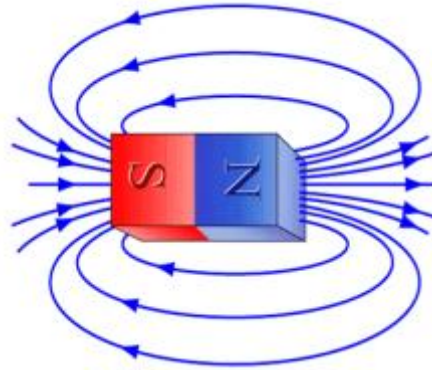
Рис. 4. Визначення полюсів котушки за допомогою правої руки.

Зрозуміло, що зі зміною напрямку струму в котушці її полюси міняються місцями.

Дослідимо магнітне поле котушки зі струмом за допомогою залізних ошукрок (рис. 5, а). Якщо порівняти картини ліній магнітних полів котушки зі струмом (рис. 5, б) і постійного штабового магніту, то неважко помітити їх надзвичайну схожість.



а



б

Рис. 5. Дослідження магнітного поля котушки за допомогою залізних ошукрок та ліній магнітних полів.

### Вивчаємо будову електромагнітів і сферу їх застосування

Котушку з уведеним усередину осердям із магнітного матеріалу називають **електромагнітом**.

Розглянемо будову електромагніту (рис. 6).

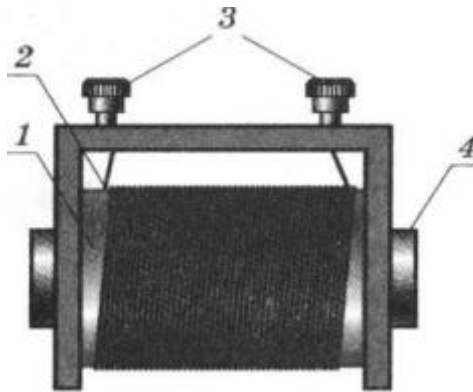


Рис. 6. Будова електромагніту.

Будь-який електромагніт має каркас (1), виготовлений із діелектрика. На каркас щільно намотано ізольований дріт — це обмотка електромагніту (2). Кінці обмотки підведено до спеціальних клем (3), за допомогою яких електромагніт приєднують до джерела струму. Усередині каркаса розміщено осердя (4), виготовлене з магнітного матеріалу. Зазвичай осердя електромагніту надають підковоподібної форми, оскільки в цьому випадку магнітна дія електромагніту значно посилюється.

Електромагніти набули широкого застосування в техніці насамперед тому, що їхню магнітну дію легко регулювати — достатньо змінити силу струму в обмотці. Крім того, електромагніти можна виготовити будь-яких форм та розмірів. Електромагніти застосовують в електродвигунах і електричних генераторах, трансформаторах і електровимірювальних приладах, телефонах, електричних дзвінках, мікрофонах тощо. Ми розглянемо застосування електромагнітів в електромагнітних підіймальних кранах та електромагнітному реле.

### Ознайомимося із силою, що діє на провідник зі струмом

Із попередніх уроків ви дізналися, що магнітне поле діє на провідник зі струмом з деякою силою. У цьому легко переконатися за допомогою досліду. Візьмемо прямий провідник, виготовлений з немагнітного матеріалу, і підвісимо його на тонких і гнучких проводах таким чином, щоб він перебував між полюсами підковоподібного постійного магніту (рис. 7, а). Якщо пропустити по провіднику струм, провідник відхилиться від положення рівноваги (рис. 7, б).

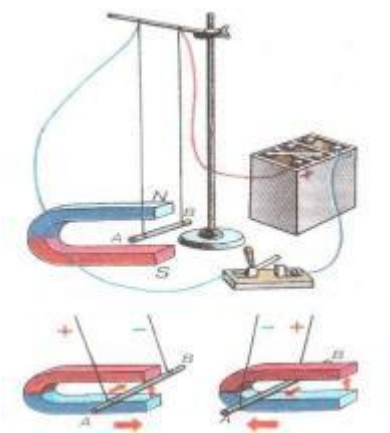


Рис. 7. Прямий провідник між полюсами постійного магніту.

Причиною такого відхилення є сила, що діє на провідник зі струмом з боку магнітного поля. Довів наявність цієї сили та з'ясував, від чого залежать її значення і напрямок, А. Ампер. Саме тому цю силу називають силою Ампера.

**Сила Ампера** — це сила, з якою магнітне поле діє на провідник зі струмом.

Експериментально встановлено, що сила Ампера пропорційна силі струму в провіднику та довжині тій частини провідника, що перебуває в магнітному полі:

$$F = B I l \sin\alpha$$

Сила Ампера збільшується з посиленням магнітного поля і залежить від розташування провідника відносно ліній магнітного поля. Сила Ампера є максимальною, якщо провідник розташований перпендикулярно до

магнітних ліній, і дорівнює нулю, якщо провідник розташований паралельно магнітним лініям.

Напрямок сили Ампера зручно визначати за допомогою **правила лівої руки** (рис. 8.):

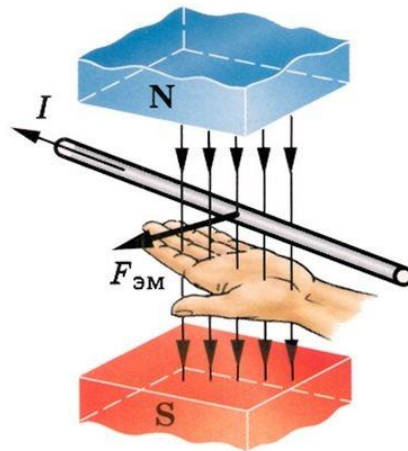


Рис. 8. Правило лівої руки.

*якщо ліву руку розташувати так, щоб лінії магнітного поля входили в долоню, а чотири витягнуті пальці вказували напрямок струму в провіднику, то відігнутий на  $90^\circ$  великий палець укаже напрямок сили Ампера.*

### **Знайомимося з принципом дії колектора.**

Обертання рамки зі струмом у магнітному полі було використано при створенні електричних двигунів — пристроїв, в яких електрична енергія перетворюється на механічну. Щоб зрозуміти принцип дії електродвигуна, спочатку з'ясуємо, як змусити рамку безперервно обертатися в одному напрямку, наприклад за ходом годинникової стрілки.

Неважко здогадатися: для цього треба, щоб сила Ампера, яка діє на ліву частину рамки, завжди була спрямована вгору, а сила Ампера, що діє на праву частину рамки, — вниз. Тобто, зважаючи на правило лівої руки, слід зробити так, щоб струм у лівій частині рамки завжди був спрямований до нас, а в правій частині — від нас. Іншими словами, у момент проходження рамкою положення рівноваги, коли ліва і права частини рамки міняються місцями, напрямок струму її рамці має змінюватися на протилежний.

Пристрій, який автоматично змінює напрямок струму в рамці, називають колектором.

На рис. 9 зображено модель, за допомогою якої можна ознайомитися з принципом дії колектора. Власне колектор являє собою два півкільця (1), до кожного з яких притиснута металева щітка (2). Півкільця виготовлені з провідника й розділені зазором. Щітки слугують для підведення напруги від джерела струму (5) до рамки (4), яка може легко обертатися навколо горизонтальної осі і розташована між полюсами потужного магніту (3). Одну

з щіток з'єднують з позитивним полюсом джерела струму, другу — з негативним.

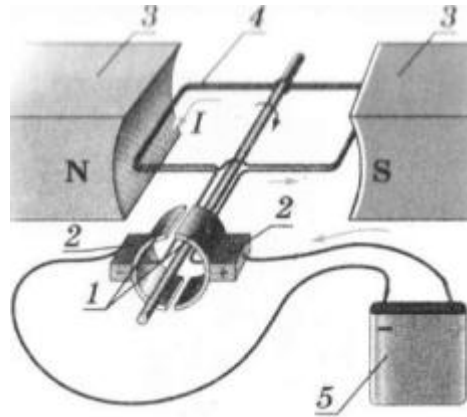


Рис. 9. Модель дії колектора.

Після замикання кола рамка під дією сил Ампера починає повертатися за ходом годинникової стрілки. Півкільця колектора повертаються разом із рамкою, а щітки залишаються нерухомими, тому після проходження положення рівноваги до щіток будуть притиснуті вже інші півкільця. Напрямок струму в рамці зміниться на протилежний, а напрямок обертання рамки залишиться тим самим.

Збільшуємо потужність електричного двигуна та забезпечуємо рівномірність його роботи.

Для збільшення потужності електродвигуна потрібно збільшити сили Ампера, дія яких забезпечує обертання рамки.

Оскільки сила Ампера пропорційна довжині провідника, то обмотку електродвигуна виготовляють із великої кількості витків дроту. Витки вкладають у спеціальні пази на бічній поверхні циліндра, який виготовлено зі сталевих листів. Циліндр слугує осердям, що значно посилює магнітне поле обмотки. Осердя з обмоткою слугує ротором (від латин, *rotare* — обертатися), або якорем, двигуна (рис. 10.).

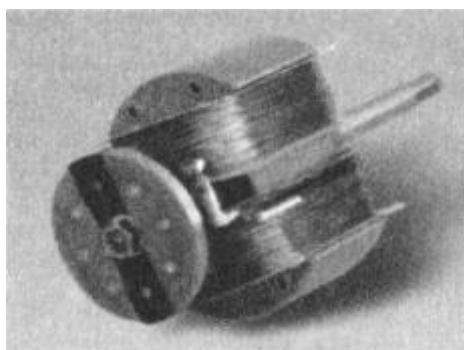


Рис.10. Ротор двигуна.

Для забезпечення рівномірного обертання ротора використовують кілька обмоток, які намотують на одне осердя. Колектор такого двигуна

являє собою не півкільця, а низку мідних дугоподібних пластин, закріплених на ізолюваному барабані (рис. 11.).

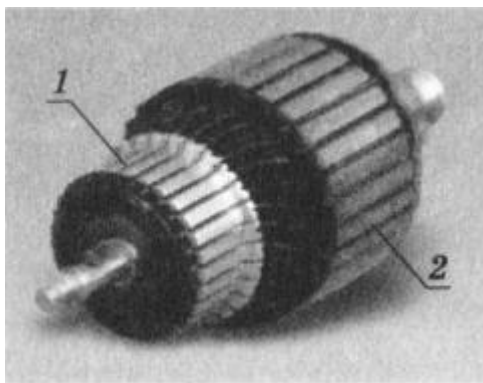


Рис. 11. Колектор у вигляді низки мідних дугоподібних пластин, закріплених на ізолюваному барабані.

Ротор (1) обертається в магнітному полі потужного електромагніту (рис. 12).

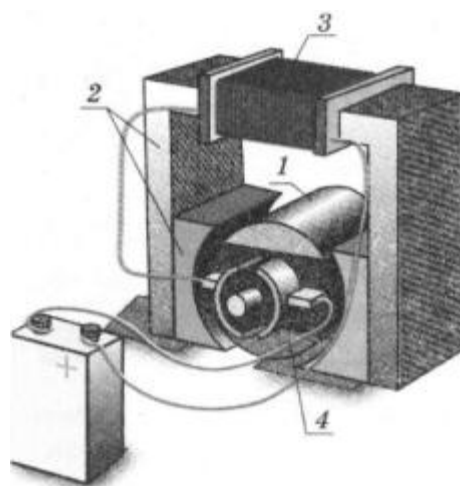


Рис. 12. Ротор, який обертається в магнітному полі потужного електромагніту.

Такий електромагніт становить одне ціле з корпусом електродвигуна і слугує його статором (від латин, віаіог — той, що стоїть нерухомо), або індуктором (2). Обмотку (3) статора підключено до того самого джерела струму, що й обмотку ротора. Коли по обмотках ротора й статора йде струм, ротор обертається в магнітному полі статора і двигун працює.

Електродвигуни постійного струму знайшли своє застосування в електротранспорті: їх установлюють у трамваях, тролейбусах, електровозах і електромобілях, використовують як стартери для запуску двигунів внутрішнього згоряння. У промисловості й побуті застосовують електродвигуни змінного струму (з їхньою будовою ви ознайомитеся у старших класах).

Електричні двигуни мають істотні переваги перед тепловими. Вони більш компактні, економічні (ККД досягає 98%), зручні в застосуванні (їхню

потужність легко регулювати). Крім того, електричні двигуни не забруднюють навколишнє середовище.

### **Електровимірювальні прилади. Гучномовець.**

Вивчаючи електричний струм, ви дізналися, що силу струму вимірюють амперметром, напругу — вольтметром. Але жодного разу ми не зверталися до будови зазначених приладів, адже, щоб зрозуміти принцип їхньої дії, вам бракувало знань. Сьогодні ми вже можемо розглянути будову цих вимірювальних приладів.

### **Знайомимося з принципом дії вимірювальних приладів магнітоелектричної системи**

Існуючі, електричні вимірювальні прилади рівних систем: прилади магнітоелектричної системи, електромагнітної системи, електродинамічної системи. Робота усіх цих приладів ґрунтується на магнітній дії струму. З'ясуємо, як побудовані деякі з них та чим відрізняються.

Уже відомі вам гальванометри, амперметри і вольтметри — це вимірювальні прилади магнітоелектричної системи. Вимірювальний механізм приладів цієї системи зображено на рис.13.

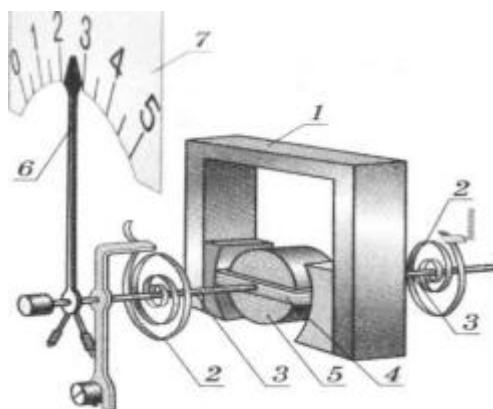


Рис.13. Вимірювальний механізм приладів магнітоелектричної системи.

Коли струм у рамці відсутній, спіральні пружини утримують півосі, а отже, і стрілку таким чином, що кінець стрілки встановлюється на нульовій позначці. Коли прилад вмикають у коло, у рамці починає йти струм, і під дією сил Ампера вона повертається. Разом із рамкою повертаються півосі, а отже, і стрілка. Під час обертання рамки пружини закручуються й виникають додаткові сили пружності. Коли момент сил пружності зрівноважить момент сил Ампера, обертання півосей припиниться, а стрілка залишиться відхиленою на певний кут.

Чим більша сила струму в рамці, тим на більший кут відхилиться стрілка, тим більшими будуть покази приладу.

Прилади магнітоелектричної системи відзначаються великою точністю й високою чутливістю.



Порівнюємо амперметр і вольтметр. За внутрішньою будовою амперметр і вольтметр є майже однаковими, відрізняються тільки їхні електричні опори. Оскільки амперметр вмикають у коло послідовно, то його опір має бути якнайменшим, інакше сила струму в колі значно зменшиться. А от вольтметр приєднують до кола паралельно з пристроєм, на якому вимірюють напругу, отже, щоб сила струму в колі майже не змінювалася, опір вольтметра має бути якнайбільшим.

### **Вивчаємо будову вимірювальних приладів електромагнітної системи**

На рис.14 зображено схему вимірювального механізму приладу електромагнітної системи. Сталеве рухоме осердя жорстко закріплене на осі (2). Після вмикання приладу в коло по обмотці котушки (3) йде електричний струм, унаслідок чого навколо котушки виникає магнітне поле, у якому осердя намагнічується і починає втягуватися в котушку, повертаючи вісь. Разом з віссю повертається стрілка (4), вільний кінець якої переміщується по шкалі (5) приладу. Як і в приладах магнітоелектричної системи (див. п. 1), повертання осі протидіє спіральна пружина (6), що закручується доти, доки момент сили пружності не зрівноважить момент сили, що діє з боку магнітного поля на рухоме осердя. Після цього повертання осі, а отже, й рух стрілки припиняються. Чим більший струм проходить по котушці, тим сильніше втягується осердя й тим більше відхиляється стрілка.

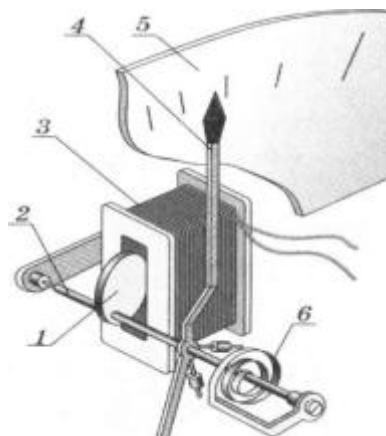


Рис.14. Схема вимірювального механізму приладу електромагнітної системи.

Прилади електромагнітної системи менш чутливі, ніж магнітоелектричної, однак можуть витримати більше перевантаження.

### **Ознайомимося з принципом дії електродинамічного гучномовця**

Якщо котушку розташувати в магнітному полі постійного магніту, то залежно від напрямку струму в котушці вона буде або притягуватися до магніту, або відштовхуватися від нього.

А що відбуватиметься в разі зміни сили струму в котушці? Зрозуміло, що зі збільшенням сили струму котушка сильніше притягнеться до

постійного магніту, в разі зменшення сили струму притягання послабшає і котушка зміститься в протилежному напрямку. Якщо силу струму в котушці змінювати періодично, вона буде відхилятися (рухатися) то в одному, то в іншому напрямку, тобто коливатиметься в такт зміні сили струму. Чим частіше змінюватиметься сила струму, тим більшою буде частота коливань котушки.

Ви вже знаєте, що тіло, яке коливається з частотою від 20 до 20000 Гц, випромінює звукові хвилі. Отже, якщо частота коливань котушки змінюватиметься в означених межах, то котушка буде джерелом звуку. Гучність та висота тону випромінюваного звуку визначатимуться амплітудою і частотою коливань відповідно.

Саме на коливаннях котушки зі змінним струмом у магнітному полі постійного магніту базується дія електродинамічного гучномовця (динаміка) — електроакустичного пристрою для відтворення звуку (рис.15).

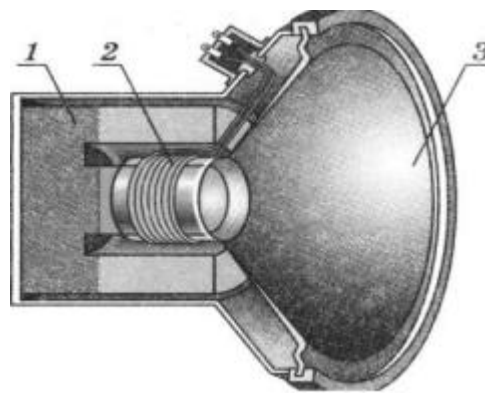


Рис.15. Електродинамічний гучномовець (динамік).

Коли струм, сила якого змінюється зі звуковою частотою, тече по котушці, то вона в такт зміні сили струму то втягується в зазор постійного магніту, то виштовхується з нього. Унаслідок цього прикріплений до котушки дифузор коливається зі звуковою частотою гучномовець випромінює звукові хвилі. Отже, у гучномовці завдяки електричному струму, сила якого змінюється зі звуковою частотою, створюються механічні коливання, що спричиняють появу звуку.