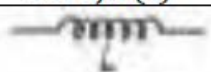
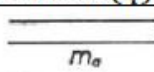

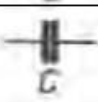
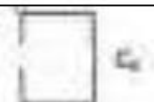

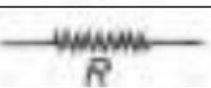
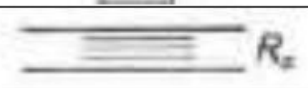
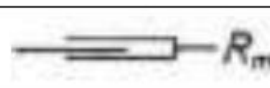
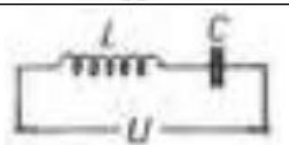
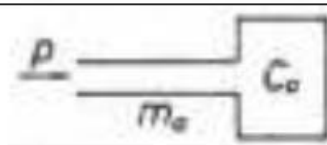
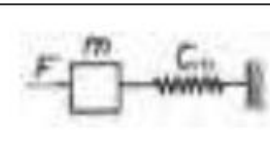
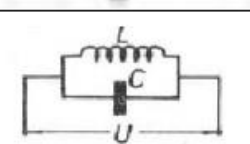
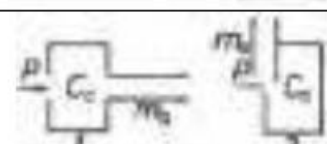
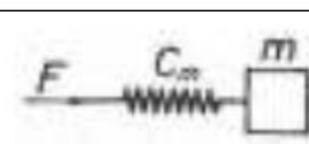
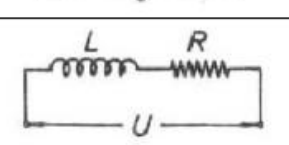
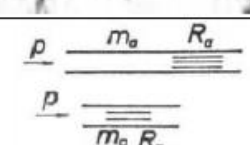
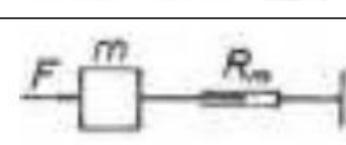
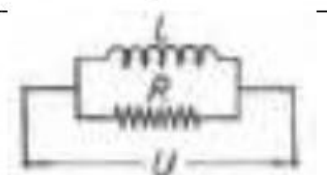
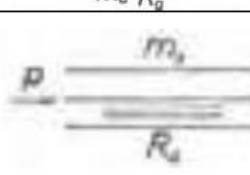
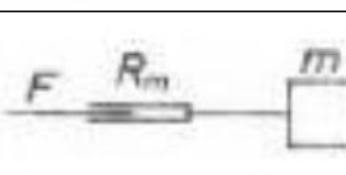
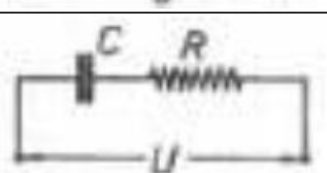
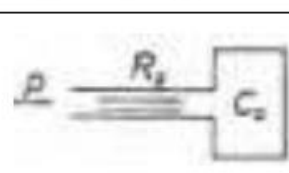
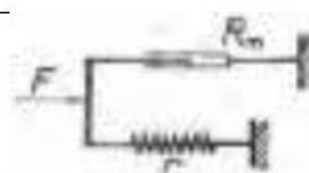
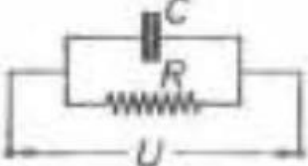
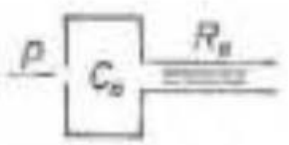
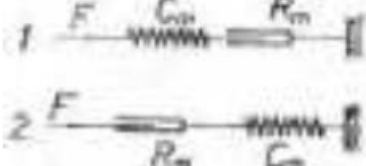
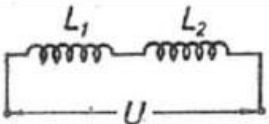
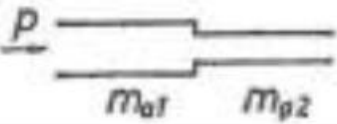
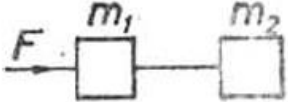
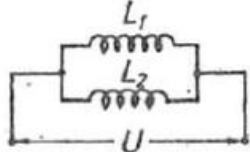
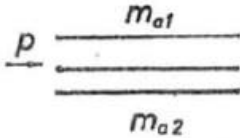
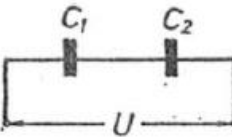
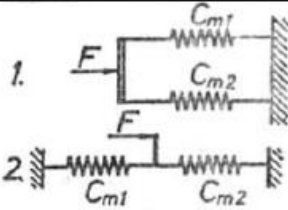
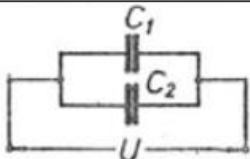
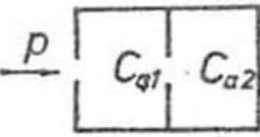
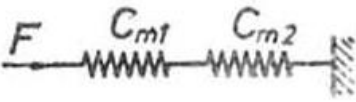
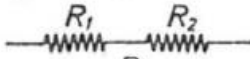
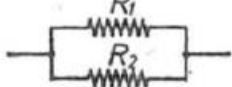
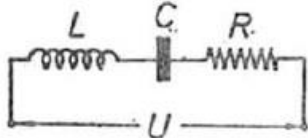
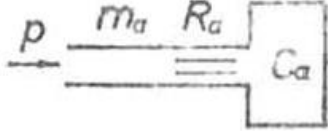
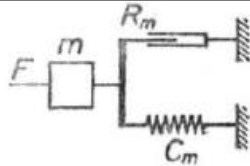
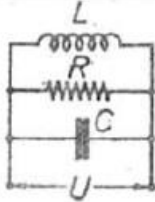
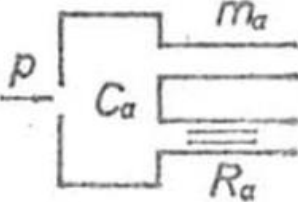
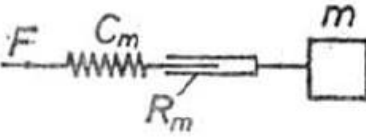


ELEKTROAKUSTIKA

prof. dr Zoran Milivojević
mr Danijela Aleksić

Tabela 5.2 – Ekvivalentne veze u elektrotehnici, akustici i mehanici

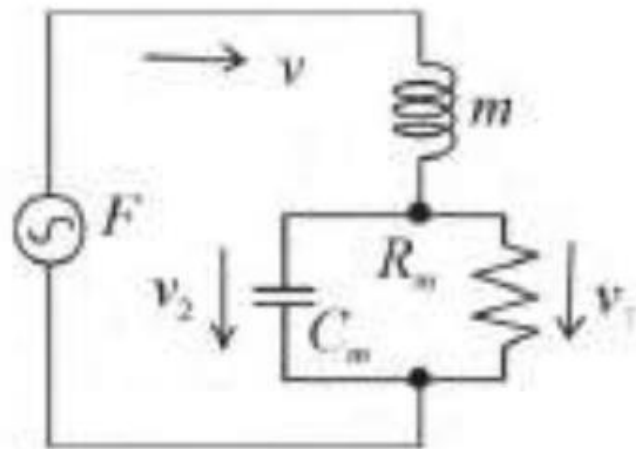
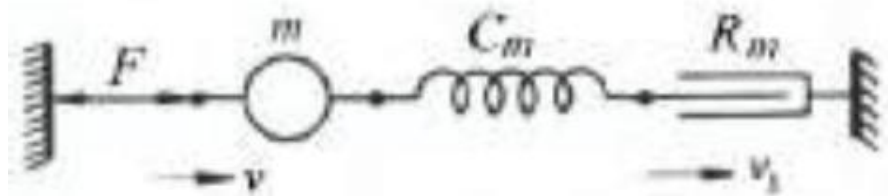
R. br.	Elektrotehnika	Akustika	Mehanika
1	Napon (U)	Zvučni pritisak (p)	Sila (F)
2	Struja (I)	Protok (q)	Brzina (v)
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

11			
12			
13			Nema
14		Nema	
15			
16		Kao akustičke induktivnosti	Kao opruge u mehanici
17			
18			
19			

Primeri mehaničkih sistema

U tabeli 5.2 prikazani su prosti slučajevi mehaničkih sistema takve konfiguracije da svi elementi sistema imaju istu brzinu ili su izloženi dejstvu iste sile. Kod složenijih mehaničkih sistema postupak oko dobijanja ekvivalentne šeme nije uvek jednostavan. Pri tome treba voditi računa da zbir brzina u svim čvorovima kola bude jednak nuli, kao i da se kolo na kraju zatvori.

Tako u primeru datom na slici 5.9a ulaznu brzinu, odnosno brzinu sile F označili smo sa v . To je ujedno i brzina mase m , pa su generator sile F i masa m vezani na red. Jedan kraj otpornosti R_m je vezan fiksno, a drugi vibrira brzinom v_1 . Brzina mehaničke elastičnosti C_m sada je jednaka razlici brzina $v - v_1 = v_2$. Iz prethodnog zaključujemo da su C_m i R_m u paralelnoj vezi. Ekvivalentno električno kolo prikazano je na slici 5.9b.



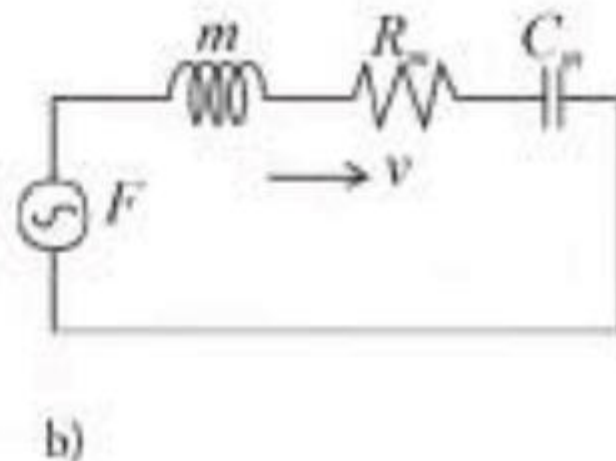
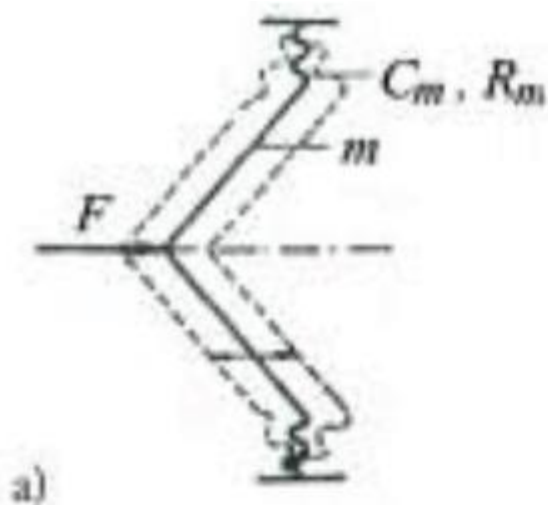
Slika 5.9. Mehanički sistem sa tri elementa:
 a) šematski prikaz, b) ekvivalentna električna šema

Membrana kao mehanički element

Membrana kao mehanički element ima veliku primenu u akustici jer se nalazi u sastavu svakog elektroakustičkog pretvarača. U svrhu dalje analize pretpostavimo da se radi o krutoj membrani, kružnog oblika, mase m , slika 5.10. Ona je za nepomičan oslonac vezana pomoću elastičnih prstenova fiksiranih po obodu. Ovi elastični elementi služe i kao nosač membrane i kao vođice pri kretanju membrane u pravcu ose. Elastičnost nosećih elemenata membrane nazivamo još i „elastičnost vešanja membrane“ i označavamo je sa C_m . U elementima vešanja postoji, usled njihovog stalnog deformisanja tokom rada membrane, i trenje, koje označavamo ekvivalentnom mehaničkom otpornošću R_m .

Ako za sada izostavimo impedansu zračenja membrane (koja bi trebalo da se pojavi u kolu kao dodatno opterećenje), dobijamo ekvivalentnu šemu u vidu prostog rednog oscilatornog kola u kojem svi elementi imaju istu brzinu, slika 5.10b.

Membrana kao mehanički element



Slika 5.10. Pokretna membrana (u vakuumu) kao mehanički sistem: a) šematski prikaz, b) ekvivalentna električna šema

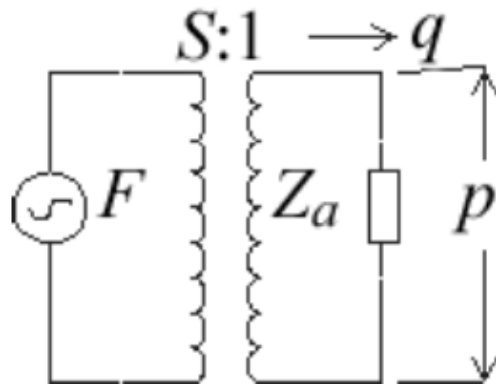
Sprega akustičkih i mehaničkih sistema

Kako smo prethodno rekli mehanička impedansa je definisana izrazom (5.7). S druge strane moguće je za klipnu membranu, slika 1.1, površine S , koja vibrira brzinom v , pod uticajem sile F i pri tome stvara akustički pritisak p , uspostaviti sledeće relacije:

$$F = p \cdot S \quad \text{i} \quad (5.9)$$

$$v = \frac{q}{S} \quad (5.10)$$

gde je q protok koji stvara membrana.



Slika 5.11 – Sprega između mehaničkog i akustičkog dela ekvivalentnog kola pomoću idealnog transformatora

Sprega akustičkih i mehaničkih sistema

Ako sada u jednačini (5.7) zamenimo vrednosti za silu F i brzinu v iz izraza (5.9) i (5.10), dobijamo:

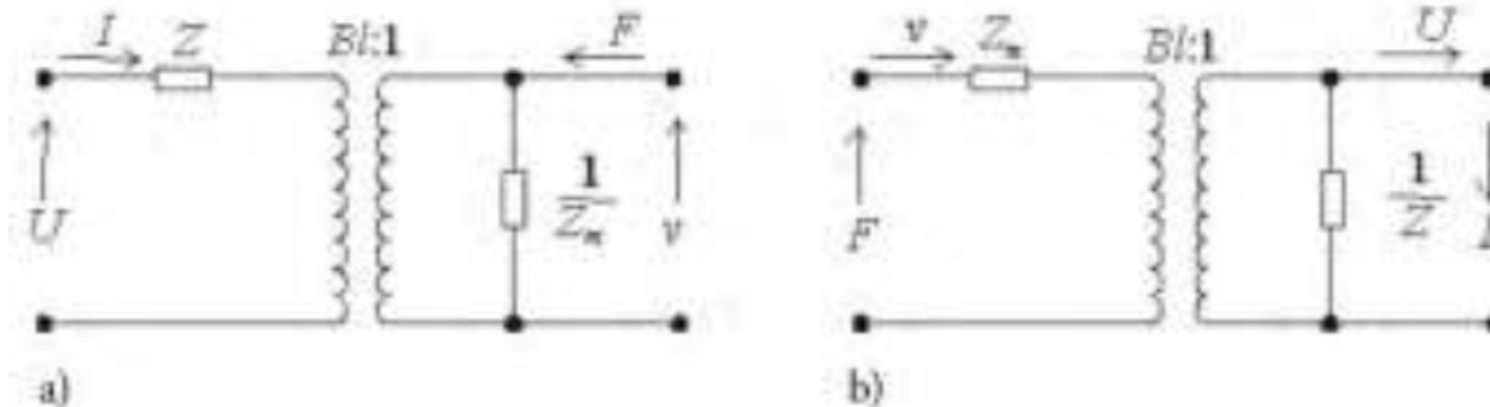
$$Z_m = \frac{F}{v} = \frac{p \cdot S}{q/S} = \frac{p}{q} \cdot S^2 = Z_a \cdot S^2, \quad (5.11)$$

gde je Z_a akustička impedansa klampne membrane.

Jednačine od 5.9 do 5.11 potpuno odgovaraju jednačinama idealnog transformatora u elektrotehnici čiji je prenosni odnos S . Na primarnoj strani transformatora, slika 5.11, su mehaničke veličine sila F i brzina v , a na sekundarnoj akustičke veličine pritisak p i protok q . Kod ovog transformatora namotaj sa S puta više „navojaka” nalazi se u mehaničkom kolu.

Sprega električnih i mehaničkih sistema

Najbolji primer sprege akustičkih, mehaničkih i električnih sistema su elektroakustički pretvarači. Tu se električna energija pretvara u mehaničku, a mehanička u akustičku i obratno. Elektroakustičke pretvarače možemo predstaviti kao četvoropole, tj. elemente sa dva para pristupnih krajeva. Na jednom pristupu (strani) su električne veličine: napon U i struja I , a na drugom mehaničke: sila F i brzina v .



Slika 5.12 – Elektrodinamički pretvarač kao četvoropol: a) električne veličine na ulaznoj strani, b) mehaničke veličine na ulaznoj strani.

Veze između ovih veličina zavise od tipa pretvarača, što u okviru ove knjige neće biti dalje analizirano. Jedino ćemo kao primer, bez izvođenja, navesti način prikazivanja ove sprege kod elektrodinamičkog pretvarača, kako je prikazano na slici 5.12.

Pitanja za proveru znanja

1. Pod kojim uslovima se mogu primeniti elektrokustičke analogije za rešavanje problema akustike?
2. Kakva je priroda analogija između električnih, mehaničkih i akustičkih elemenata i sistema?
3. Iz čega se sastoje akustički sklopovi i sistemi?
4. Od čega zavisi akustička kapacitivnost komore?
5. Sa kojim elementima, u mehanici i elektrotehnici, se ponašaju slično vazdušne komore?
6. Koliko iznosi akustička kapacitivnost komore čija je zapremina V ?
7. Kako se ponaša cev ili otvor u akustici?
8. Koliko iznosi efektivna dužina cevi u akustici i od čega zavisi?
9. Kako se ponašaju veoma uske cevi - kapilare, pukotine i prorezi u akustičkim sklopovima?
10. Navesti veličine koje se analogno ponašaju u akustičkim, mehaničkim i električnim sistemima.