Problema I (10 puncte)

Metoda Van der Pauw

Rezistivitatea electrică este o constantă de material. Determinarea rezistivității electrice a unui material se face - de regulă - implicit, prin măsurarea rezistenței electrice (care este o constantă de dispozitiv) pentru un rezistor confecționat din materialul respectiv.
Tehnologiile actuale în domeniul semiconductorilor necesită cunoașterea rezistivității electrice în oricare poziție pe plachetele semiconductoare, pe suprafața cărora se construiesc prin difuzie, mascare, atac chimic, depunere în vid - serii mari de componente electronice. O metodă nedistructivă de determinare a valorii rezistivității electrice locale a plachetelor a fost propusă în anul 1956, de către Van der Pauw.

Consideră o placă semiconductoare care este suficient de groasă și care are aria atât de mare, încât se poate considera că ocupă complet un semispațiu. Pe suprafața liberă a plăcii, în vârfurile succesive ale unui pătrat cu latura $a = 1{,}00\ cm$ sunt plasate patru contacte electrice, marcate în figură cu literele A,B,C și D (figura 1). Prin contactul A (sursă) și prin contactul B (drenă) intră și respectiv iese un curent electric cu intensitatea $I = 1{,}00\ mA$ furnizat de o sursă controlată de curent constant având simbolul (o sursă care păstrează în circuit un curent constant, de valoare controlată, indiferent de evoluția rezistenței circuitului).

Voltmetrul legat între contactele electrice C și D indică diferența dintre potențialele acestora $U_{CD} = V_C - V_D = 5{,}00V$.
Rezistivitatea electrică a materialului plăcii semiconductoare este ρ.

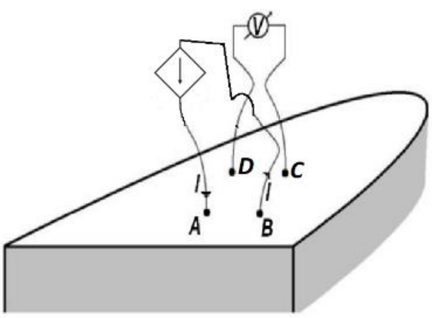

Figura 1

Sarcina de lucru nr. 1

1.a.	Determină tensiunea U_{BD} indicată de voltmetrul legat la contactele B și D, dacă sursa de curent constant este conectată acum la contactele A (sursă) și C (drenă) și curentul electric are tot intensitatea $I = 1{,}00\ mA$.	(2,0 p)
1.b.	Pentru situația prezentată în figura 1, dedu expresia tensiunii U_{CD} ca funcție de a, I și ρ.	(3,0 p)
1.c.	Scrie expresia rezistivității electrice ρ a materialului plăcii semiconductoare, ca funcție de a, I și U_{CD}.	(0,5 p)

1.d.	Calculează valoarea rezistivității electrice ρ a materialului plăcii semiconductoare.	(0,5 p)

În studiul dezvoltării generațiilor următoare de dispozitive electronice (ca de exemplu tranzistori „pe hârtie") se folosește hârtia grafitată – o foaie de hârtie pe care este depus un strat subțire de grafit. Pentru un astfel de material o caracteristică definitorie este rezistivitatea de suprafață.

Măsurări ale rezistenței de suprafață pentru hârtia grafitată se pot face într-un montaj cu patru sonde (contacte) dispuse în linie dreaptă, la distanța $a = 2,00\,cm$ una de alta. Prin contactele extreme se trece curentul cu intensitatea variabilă I' și se măsoară tensiunea V dintre cele două contacte mediane. În tabelul alăturat sunt specificate rezultatele unor măsurări efectuate în geometria descrisă.

I' (μA)	V (mV)	I' (μA)	V (mV)
250	275	-150	-160
515	565	-255	-280
390	425	-365	-400
150	160	-505	-555

Sarcina de lucru nr. 2

2.a.	Trasați graficul punctelor experimentale indicate în tabel.	(1,5p)

2.b.	Determinați valoarea R_s a rezistenței de suprafață a hârtiei grafitate.	(1,0p)

2.c.	Folosind graficul trasat, estimați eroarea ΔR_s în determinarea valorii rezistenței de suprafață a hârtiei grafitate.	(1,5p)

© Subiect propus de:

Delia Constanța DAVIDESCU, PhD

eFizică!

26 Septembrie 2021

Codul concurentului -- Problema

--

Foaie de Răspunsuri

Problema I
Metoda Van der Pauw

1.a.	$U_{BD} =$	2,0p
1.b.	Expresia $U_{CD} =$	3,0p
1.c.	Expresia $\rho =$	0,5p
1.d.	Valoarea $\rho =$	0,5p
2.a.		1,5p
2.b.	Valoarea $R_s =$	1,0p
2.c.	Valoarea $\Delta R_s =$	1,5p
	Total	10p

Problema a II – a (10 puncte)
Oscilatori

Sarcina de lucru nr. 1 – Pendul învârtit

Un disc cu raza R, dispus orizontal, se rotește cu viteza unghiulară constantă Ω, în jurul axei verticale proprii fixe ce trece prin punctul O (figura 1). La distanța d față de centrul discului este fixat un alt ax vertical, solidar cu discul și care trece prin punctul A.
O bară rigidă AB, omogenă, de masă m și de lungime $\ell < R - d$ se poate roti în plan orizontal, pe fața discului rotitor, fără frecare, în jurul axului vertical poziționat pe disc în punctul A. În cursul rezolvării problemei vei considera că unghiul α de rotire al barei față de direcția OA este foarte mic.

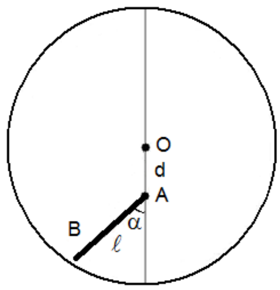

Figura1

1.a.	Determină expresia momentului de inerție J al barei față de capătul său A.	(0,5p)
1.b.	Dedu expresia momentului $\vec{M}_{bara}$ al forței, care acționează asupra barei, față de axul ce trece prin punctul A, atunci când bara este înclinată cu unghiul α față de direcția OA.	(1,5p)
1.c.	Determină expresia perioadei T a micilor oscilații ale barei.	(1,5p)
1.d.	Dedu forma dependenței de timp a unghiului $\alpha(t)$ dintre bara AB și direcția OA, dacă la momentul inițial bara se afla de-a lungul direcției OA și avea viteza unghiulară $\dot{\alpha}(t=0) = \dot{\alpha}_0$	(1,5p)

Sarcina de lucru nr. 2 – Cilindru rotitor cu disc ascuns

Un cilindru masiv are raza R și înălțimea H; densitatea materialului său este P. În interiorul cilindrului se află un disc având raza r și înălțimea h; densitatea materialului discului este ρ, $\rho > \mathrm{P}$. Discul este astfel plasat încât axa sa de simetrie care trece prin centrul A al feței sale circulare este paralelă cu axa de simetrie a cilindrului care trece prin centrul O al feței circulare a cilindrului (figura 2). Discul este plasat la distanțe egale de fața de sus și de fața de jos a cilindrului. Distanța dintre axele marcate cu O și A este d.

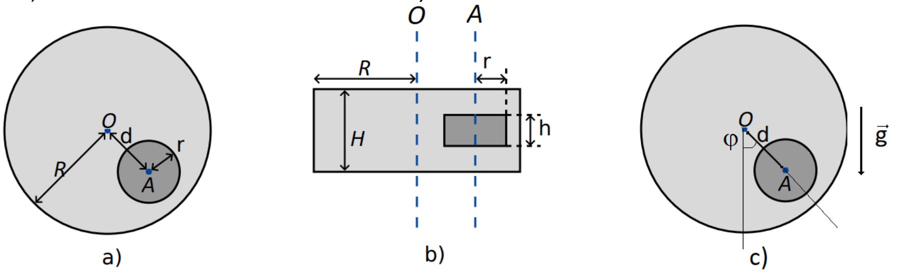

Figura 2: a) Imagine laterală b) Imagine de sus a cilindrului cu disc ascuns c) Cilindrul rotit cu unghiul φ (foarte mic) în jurul axei sale fixe orizontale care trece prin O

Fețele circulare ale cilindrului sunt verticale, iar cilindrul se poate roti fără frecare în jurul axei sale O, fixată într-o poziție orizontală. Cilindrul se rotește cu unghiuri φ foarte mici, oscilând în jurul poziției de echilibru, în care direcția OA se află pe verticală.

2.a.	Notează cu b distanța dintre punctul O și poziția pe planul feței cilindrului a proiecției ortogonale a centrului de masă al cilindrului, având în interior discul ascuns. Determină expresia distanței b. Exprimă rezultatul în funcție de R, H, d, r, h, P, ρ.	(1,0 p)

2.b.	Dedu expresia momentului de inerție J_S al sistemului cilindru – disc, față de axa de simetrie a cilindrului. Exprimă rezultatul în funcție de R, H, d, r, h, P, ρ.	(1,5 p)

2.c.	Determină expresia perioadei T a micilor oscilații ale cilindrului cu discul în interior. Exprimă rezultatul în funcție de R, H, d, r, h, P, ρ și de valoarea accelerației gravitaționale g.	(1,5p)

2.d.	Determină expresia momentului $\vec{M}_G$ al forței de greutate, care acționează asupra cilindrului față de axul de simetrie al cilindrului, atunci când direcția OA este înclinată cu unghiul φ (foarte mic) față de verticală. Exprimă rezultatul în funcție de d, r, h, P, ρ, φ și de valoarea accelerației gravitaționale g.	(1,0 p)

© Subiect propus de:

Adrian Dafinei, PhD

Codul concurentului -- Problema

--

eFizică!

26 Septembrie 2021

Foaie de Răspunsuri

Problema II
Oscilatori

1.a.	$J =$	0,5p
1.b.	$\vec{M}_{bara} =$	1,5p
1.c.	$T =$	1,5p
1.d.	$\alpha(t) =$	1,5p
2.a.	$b =$	1,0p
2.b.	$J_s =$	1,5p
2.c.	$T =$	1,5p
2.d.	$\vec{M}_G =$	1,0 p
	Total	10p