

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI - BACĂU
COLEGIUL NAȚIONAL "FERDINAND I" – BACĂU



Concursul Național de Matematică și Fizică

"Vrânceanu – Procopiu"

Ediția a XV-a, 2013

Problema a II-a (10 puncte)

Rezistor "Ping-pong"

Un condensator plan este format din două plăci circulare, paralele, ambele având raza R . Plăcile sunt separate prin distanța d , astfel încât $d \ll R$ (figura 1.a). Placa superioară este menținută la un potențial electric constant V , în timp ce placa inferioară este legată la pământ. Apoi, un disc subțire și mic, având masa m , raza r ($\ll R, d$) și grosimea t ($\ll r$), este plasat în centrul plăcii inferioare (figura 1.b).

Presupune că sistemul este plasat în vid (caracterizat prin constanta dielectrică ϵ_0) și că atât plăcile cât și discul sunt confecționate dintr-un material perfect conductor. Consideră că efectele electrostatice de margine pot fi neglijate, că inductanța întregului circuit și efectele relativiste nu se iau în considerare și că efectul sarcinii imagine poate fi, de asemenea, neglijat.

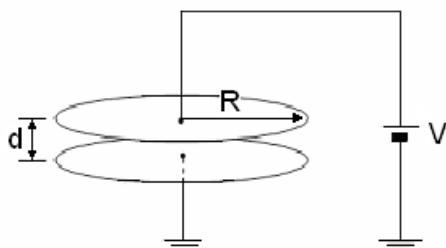


Figura 1.a - Schița unui condensator cu plăci plane paralele conectat la o sursă de tensiune constantă.

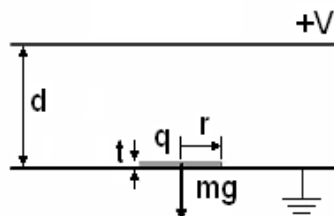


Figura 1.b - O vedere din profil a condensatorului cu plăcile plane paralele, între care a fost plasat un mic disc.

Sarcina de lucru nr. 1

1.a. Determină expresia forței de atracție electrostatică F_p , care se exercită între plăcile condensatorului, situate la distanța d una de alta, înainte de introducerea discului între cele două plăci.

Atunci când discul este plasat pe placa inferioară (figura 1.b), sarcina electrică q de pe disc este corelată cu potențialul V al plăcii superioare prin relația $q = \chi \cdot V$.

1.b. Dedu expresia pentru χ , ca funcție de r , d și ϵ_0 .

Sarcina de lucru nr. 2

Plăcile condensatorului sunt plasate perpendicular pe liniile unui câmp gravitațional uniform, caracterizat prin accelerația gravitațională g . Pentru ca discul, aflat inițial în repaus să se ridice de pe placa inferioară a condensatorului, este necesară creșterea potențialului electric aplicat peste o valoare de prag, notată V_{prag} .

2.a. Determină expresia V_{prag} a potențialului de prag, care ar trebui aplicat, astfel încât discul să se poată desprinde de placa inferioară. Exprimă răspunsul în funcție de m , g , d și χ .

Atunci când este îndeplinită condiția $V > V_{prag}$, discul execută o mișcare de du-te vino, în sus și în jos, între plăcile condensatorului. Presupune că discul se mișcă numai în plan vertical, astfel încât planul discului rămâne mereu perpendicular pe direcția verticală. Ciocnirile dintre disc și plăcile

condensatorului sunt inelastice și sunt caracterizate de coeficientul de restituție $\eta = \frac{V_{dupa}}{V_{inainte}}$ în care

$V_{inainte}$ și V_{dupa} sunt vitezele discului chiar înainte de ciocnire, respectiv imediat după ciocnirea cu o placă.

Plăcile condensatorului se află în poziții fixe (invariabile în timp). Viteza discului imediat după ciocnirea cu placa inferioară tinde către o valoare constantă v_s , denumită "viteză staționară".

Dependența vitezei staționare de potențialul V al plăcii superioare este descrisă de expresia:

$$v_s = \sqrt{\alpha \cdot V^2 + \beta}$$

Presupune că la fiecare ciocnire toate punctele suprafeței discului sunt simultan în contact cu placa. În aceste condiții, la fiecare ciocnire, se produce instantaneu un transfer complet de sarcină electrică.

2.b. Dedu expresiile coeficienților α și β . Exprimă rezultatele, după caz, în funcție de m , g , χ , d și η .

Sarcina de lucru nr. 3

După ce se atinge starea staționară, intensitatea mediată în timp a curentului electric I dintre plăcile condensatorului poate fi aproximată prin relația

$$I = \gamma \cdot V^2$$

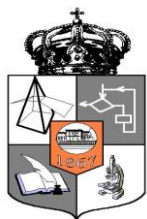
în situația în care $q \cdot V \gg m \cdot g \cdot d$.

3.a. Determină expresia coeficientului γ și exprimă rezultatul în funcție de m , χ , d și η .

Atunci când potențialul electric V descrește extrem de lent, există o valoare critică a potențialului, notată V_{taiere} , sub care discul nu mai atinge placa de sus și sarcina încetează să mai fie transferată între plăci.

3.b. Dedu expresia potențialului critic V_{taiere} , precum și expresia corespunzătoare a intensității I_{taiere} a curentului electric. Exprimă rezultatele, după caz, în funcție de m , g , χ , d și η .

3.c. Compară potențialul critic V_{taiere} cu potențialul de prag V_{prag} la care discul începe să se ridice și schițează caracteristica $I-V$ a condensatorului, atunci când potențialul V crește și apoi descrește în domeniul de la $V = 0$ la $3 \cdot V_{prag}$.



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI - BACĂU
COLEGIUL NAȚIONAL "FERDINAND I" – BACĂU

Baraj

Concursul Național de Matematică și Fizică

"Vrânceanu – Procopiu"

Ediția a XV-a, 2013

FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema a II-a (10 puncte)

Rezistor "Ping-pong"

Sarcina de lucru nr. 1

1.a. Expresia forței de atracție electrostatică, exercitate între plăcile condensatorului

0,50p

1.b. Expresia coeficientului χ

0,50p

Sarcina de lucru nr. 2

2.a. Expresia potențialului de prag

1,00p

2.b. Expresiile coeficienților α și β


2,00p

Sarcina de lucru nr. 3

3.a. Expresia coeficientului γ

2,50p

3.b. Expresia potențialului critic



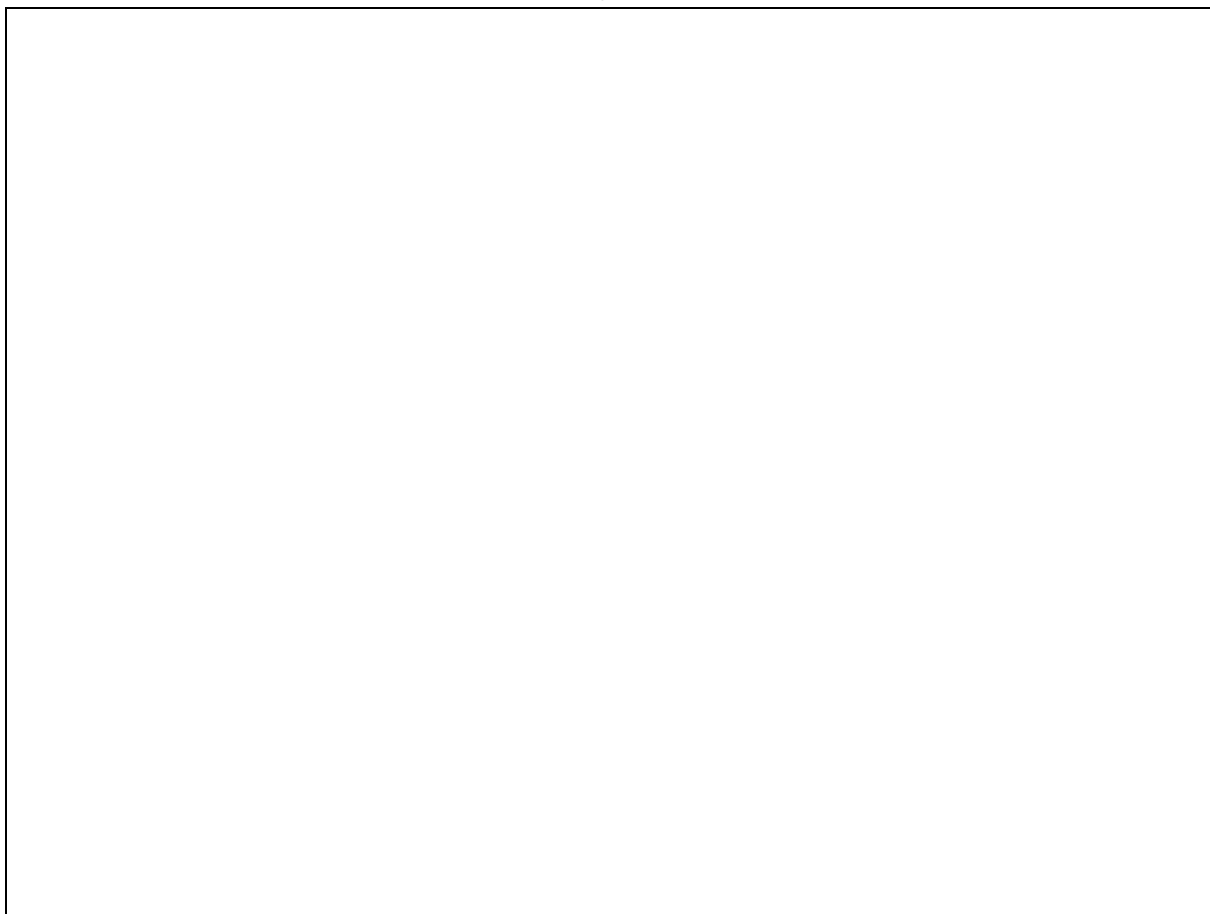
0,50p

Expresia intensității I_{taiere} a curentului electric



1,50p

3.c. Schița caracteristicii $I-V$ a condensatorului, atunci când potențialul V crește și apoi descrește în domeniul de la $V=0$ la $3 \cdot V_{prag}$.



1,50p

© Subiect propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea București

Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București