

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României****ARICI, LIVIU****Electricitate și magnetism : probleme captivante cu soluții complete / Liviu Arici, Florea Uliu. - Ed. a 7-a, reeditată. - Deva :**

Editura Emia, 2025

Conține bibliografie

ISBN 978-973-753-604-4

I. Uliu, Florea

53

## Referenți științifici:

Prof Univ. Dr Radu Constantinescu – Universitatea din Craiova,

Prof. Dr. Mihail Sandu.

Grafica, figurile: Prof Liviu Arici

Corectura; Florea Uliu

Coperta: Ing Titu Radu, Inf. Teodora Elena Radu

Copyright: Editura Emia

**[www.emia.ro](http://www.emia.ro)****LIVIU ARICI      FLOREA ULIU****ELECTRICITATE ȘI  
MAGNETISM.****PROBLEME CAPTIVANTE ( cu  
soluțuu complete)****Ediția a 7-a reeditată**

Editura EMIA

**CUPRINS**

Prefața.....	5
1. Electrostatica – enunțuri.....	7
2. Curentul continuu – enunțuri.....	21
3. Electromagnetism – enunțuri.....	51
4. Electrostatica – rezolvări.....	81
5. Curentul continuu – rezolvări.....	143
6. Electromagnetism – rezolvări.....	237
Bibliografie .....	343
Cuprins .....	348

unui fascicul de particule încărcate electric) înseamnă, mai întâi, un câmp electric dar și un curent electric, care generează în spațiul înconjurător un câmp magnetic și care, la rândul său, poate stimula alte efecte; când accelerația mișcării acestor sarcini este foarte mare, respectivele particule pot emite radiație electromagnetică continuă, cu frecvențe ce pot atinge chiar și domeniul optic.

Lucrarea se adresează mai ales elevilor din învățământul liceal, dornici să aprofundeze această importantă parte a fizicii, precum și absolvenților de liceu care, pentru promovarea bacalaureatului și-au ales acest obiect de examen, sau se pregătesc pentru admiterea în învățământul superior de profil realist sau tehnic. În egală măsură, prin gradul de dificultate mai ridicat al unor probleme, lucrarea este recomandată și elevilor ce se pregătesc pentru concursurile școlare sau studenților din primii ani ai ciclului de licență. Nu în ultimul rând, culegerea poate fi utilizată ca un ghid metodic de către toți profesorii de fizică ce doresc să se autoperfecționeze – în special de către cei aflați în primii ani de activitate didactică, urmând să susțină examene de titularizare, definitivare sau de gradul II sau I.

Sugerăm cititorului să nu apeleze la soluțiile date de autori decât în ultimă instanță, după ce efortul propriu de a rezolva o anumită problemă s-a dovedit a nu fi încununat de succes. Rezolvitorul trebuie să fie conștient de faptul că, cel mai adesea, pentru izolarea unei probleme, ideale, de matematică dintr-o problemă reală de fizică, sunt necesare mai multe etape de gândire și, în consecință, un timp de lucru ceva mai mare. Rezolvarea efectivă este precedată întotdeauna de buna înțelegere a problemei fizice și de corecta ei corelare cu principiile și legile ce urmează a fi utilizate pentru găsirea soluției finale.

Considerăm că, lucrarea noastră poate fi deosebit de utilă elevilor capabili de performanță, la care pasiunea pentru Fizică este deja instalată și care, în mod firesc, țințesc spre un nivel de cunoștințe mult mai înalt, necesar participării la Olimpiadele naționale sau internaționale de Fizică, de Astrofizică, de Științe, acceptării la studii în domenii realist-științifice la universități prestigioase din străinătate.

Folosim și această cale pentru a mulțumi, cu deosebit respect, distinsei Doamne Paulina Popa, Director general al Editurii EMIA din Deva, pentru interesul constant manifestat față de lucrările noastre și pentru permanentul sprijin acordat.

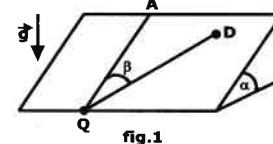
Mulțumim anticipat cititorilor cărții - elevi, studenți, profesori, ingineri, etc. - pentru observațiile și criticile constructive pe care, eventual, ni le vor face .

Brăila și Craiova, 22 august,

Autorii

## Electrostatică

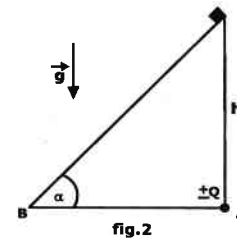
1. Pe un plan înclinat cu un unghi  $\alpha$  față de orizontală se pune în punctul D un corp punctiform având sarcina electrică  $Q$ , cu coeficientul de frecare între corp și plan  $\mu$  ( $\mu < \text{tg } \alpha$ ). La baza planului înclinat este fixată o altă sarcină punctiformă identică,  $Q$  (fig.1) . Corpul se află în echilibru pe planul înclinat. Ce unghi **maxim**  $\beta = \text{AQD}$  poate exista în aceste condiții, unde AQ este paralelă cu componenta vectorului  $\vec{g}$  de-a lungul planului înclinat ?



2. Un corp încărcat pozitiv alunecă cu viteză inițială nulă, din vârful unui plan înclinat fix (fig.2) , cu înălțimea  $h$  și unghiul

la bază  $\alpha = \frac{\pi}{4}$ . În vârful A al prisme care

formează planul înclinat se află o sarcină punctiformă fixă  $+Q$ . În punctul B la baza prisme, viteza corpului este  $v_0$ . Cu cât va fi egală viteza corpului în punctul B, dacă în vârful A se va afla sarcina  $-Q$  ? Se va considera că pe parcursul mișcării corpul nu se desprinde de prismă. Coeficientul de frecare dintre corp și planul înclinat este  $\mu$ .



3. După cum știm, corpurile încărcate electric pot atrage corpuri neelectrizate (neutre). De exemplu, un pieptene electricizat atrage bucățele mici de hârtie. Evaluați forța de interacțiune dintre un corp electricizat și unul neutru. Pentru evaluare se va considera:

- corpul încărcat este punctiform, având sarcina  $Q$  ;
- corpul neutru este un cilindru conductor, ale cărui dimensiuni sunt mult mai mici decât distanța până la sarcina punctiformă, volumul cilindrului este  $V$ , iar distanța de la baza mai apropiată a cilindrului până la sarcină este  $a$ . Axul cilindrului este orientat spre sarcina punctiformă.



4. Două sfere metalice identice cu masa  $m = 1,0$  g sunt suspendate în același punct cu ajutorul a două fire ideale, izolatoare de lungime  $l = 15$  cm fiecare (fig.4,a). Dacă sferile se încarcă cu sarcină electrică, firele deviază

față de verticală. Pe graficul din fig.4,b este dată dependența unghiului de deviație  $\theta$  față de verticală a fiecărui fir (dacă sarcinile celor două sfere sunt egale) în funcție de valoarea sarcinii fiecărei sfere. Sferele au fost astfel încărcate încât unghiul de deviație este  $\theta = 50^\circ$ . Mai departe, se „aplică” un câmp electric exterior omogen, orizontal, cu intensitatea câmpului  $E = 1,5 \cdot 10^5$  V/m. Aflați unghiul dintre fire după aplicarea câmpului electric.

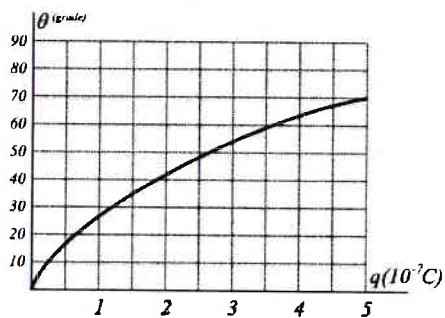
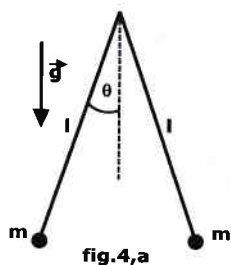


fig.4,b

5. Pe o tijă foarte lungă, subțire, izolatoare se introduc un număr foarte mare de biluțe din material izolator, identice. Biluțele sunt electrizate cu sarcini egale în modul, dar care alternează ca semn. Forța electrostatică de interacțiune dintre două biluțe vecine este  $f_0 = 10$  N. Ce forță minimă trebuie aplicată ultimei biluțe din dreapta pentru a rupe „lanțul”? Calculați această forță cu o eroare care să nu depășească 5%. În ce loc se va rupe „lanțul”, dacă se aplică ultimei biluțe din dreapta o forță  $\vec{F}$  lent crescătoare?



fig.5

6. Într-un câmp electrostatic omogen, ale cărui linii de câmp sunt orientate orizontal, se află o cupolă semisferică netedă, din vârful căreia (punctul A) începe să alunece liber un corp mic și greu, încărcat electric. Corpul se desprinde de suprafața cupolei în punctul B, astfel încât unghiul AOB =  $30^\circ$ , O fiind centrul cupolei. Determinați raportul dintre greutatea corpului și forța care acționează asupra lui din partea câmpului electric.

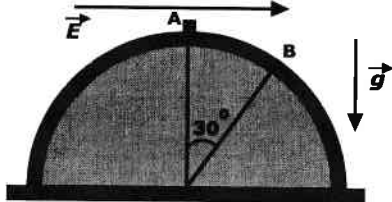


fig.6

7. Două sfere metalice aflate foarte departe una față de alta, au razele exterioare  $R$  și  $3R$  și grosimea pereților  $\frac{R}{20}$ .

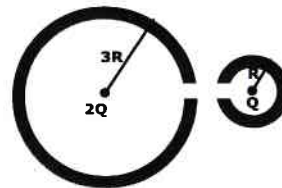


fig.7

În centrele sferelor sunt plasate sarcinile  $Q$  și  $2Q$ . Care este lucrul mecanic minim care trebuie efectuat pentru a inversa locul celor două sarcini? (În acest scop, în fiecare sferă există câte un orificiu mic).

8. Fie trei fire identice, fixe 1, 2, 3, încărcate și așezate pe muchiile unui cub imaginar ca în figură. Lungimea fiecărui fir este  $l$ . Firele sunt încărcate uniform, fiecare cu sarcina electrică  $Q$ . Aflați intensitatea câmpului electric în centrul cubului.

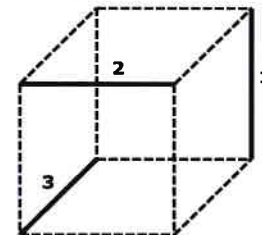


fig.8

9. Pentru măsurarea sarcinii electrice a electronului, fizicianul american Robert



Millikan a făcut între anii 1909-1912 o serie de experiențe în care a studiat mișcarea unor picături foarte fine de ulei în câmp electric. În experiența lui Millikan o asemenea picătură se forma prin pulverizare în spațiul dintre două plăci metalice orizontale, cărora li se aplica o tensiune electrică constantă. Cu ajutorul unui microscop se făceau observații asupra picăturilor aflate în mișcare prin aer și se măsura viteza lor. Picăturile capătă o sarcină electrică negativă în timpul procesului de pulverizare. În afară de asta, se putea modifica sarcina electrică a picăturilor iradiindu-le cu radiații

ultraviolete. Fără a pretinde că reproducem exact măsurătorile lui Millikan, sintetizăm în Tabelul 1 un set posibil de valori măsurate. În acest tabel,  $v_0$  este viteza cu care cade liber picătura, în absența câmpului electric. Dacă între plăci se aplică o tensiune constantă  $U_0$ , picătura începe să se miște în sus, viteza măsurată în aceste condiții a picăturii fiind notată cu  $v_1$ . Raza măsurată a unei picături este notată cu  $r$ .

Se va considera că densitatea uleiului este  $\rho = 910$  kg/m<sup>3</sup>, distanța dintre plăci este  $h = 1,0$  cm, iar accelerația gravitațională se va lua  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>. Pentru picături cu raza de ordinul micronilor, forța de frecare vâscoasă este proporțională cu viteza lor. Se va considera că în timpul procesului de măsurare descris mai sus, sarcina picăturii nu se schimbă.

Tabel 1

Nr.det.	$r$ ( $\mu\text{m}$ )	$v_0$ (mm/s)	$U_0$ (kV)	$v_1$ (mm/s)
1	1,3	0,19	5,0	0,18
2	1,7	0,32	5,0	0,51
3	1,7	0,32	5,0	0,24
4	1,2	0,16	5,0	0,23
5	1,4	0,22	5,0	0,29
6	2,0	0,44	5,0	0,39
7	1,6	0,28	5,0	0,46
8	1,5	0,25	5,0	0,38
9	2,2	0,53	5,0	0,22
10	1,4	0,22	5,0	0,63

Determinați cu ajutorul acestor date sarcina electronului și evaluați eroarea valorii obținute.

10. În ce parte va devia o particulă încărcată care se mișcă la o distanță mare față de un dipol electric (o pereche de două sarcini egale și de semn contrar, aflate la distanță mică una de alta)? Viteza inițială a particulei este paralelă cu dipolul, iar unghiul de deviație se consideră mic.

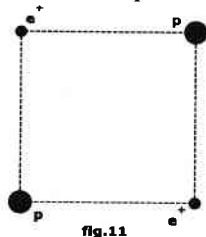


fig.11

11. Doi protoni și doi pozitroni, aflați în momentul inițial în repaus în vârfurile unui pătrat (fig. 11), devin liberi. Raportul maselor lor este  $M/m = 2000$ , iar sarcinile lor sunt identice. Să se determine raportul dintre viteza protonilor și a pozitronilor după îndepărtarea lor (la infinit).

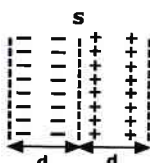


fig.12

12. Într-o plasmă omogenă cu concentrația sarcinilor  $n$  (numărul sarcinilor de fiecare semn pe unitatea de volum), toți electronii, care inițial se aflau într-un strat de grosime  $d$ , se deplasează pe direcția normalei pe acest strat, pe distanța  $d$  (are loc o separare a sarcinilor pozitive și negative, ca în fig.12). Să se determine intensitatea câmpului electric în punctele de pe suprafața S.

13. Două sfere încărcate, având masele egale și aflate la distanța  $l$  una față de alta, sunt lăsate libere fără viteză inițială. După timpul  $t$ , distanța dintre ele s-a dublat. După cât timp se va dubla distanța dintre aceste sfere, dacă ele se lasă libere de la distanța inițială  $3l$  între ele?

14. Conform unuia din primele modele atomice (modelul Thomson), atomul de hidrogen se prezintă ca o sferă uniform încărcată cu sarcină pozitivă, în centrul căreia se află un electron. Pe ansamblu, atomul este neutru din punct de vedere electric. Să se calculeze raza unui asemenea atom, dacă se știe că energia minimă care trebuie comunicată electronului pentru a-l îndepărta din atom la distanță mare este  $W$ . Sarcina electronului este  $e$ .

15. Fie o joncțiune p-n. Grosimea acestei joncțiuni este  $d$ , iar permitivitatea electrică este  $\epsilon$ . Reprezentați grafic intensitatea câmpului electric și potențialul electric în joncțiune, considerând că distribuția densității de sarcină din joncțiune este cea din fig.15.

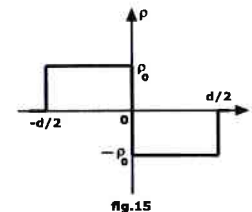


fig.15

16. Pe un plan orizontal neted la distanța  $a = 1,5$  m una față de alta, se află în repaus două bile foarte mici, conductoare, absolut elastice și încărcate, respectiv, cu sarcinile electrice  $q_1 = 8,5$  nC și  $q_2 = -2,5$  nC. Masa fiecărei bile este  $m = 0,10$  kg, iar diametrul  $D = 2,5$  cm. Bilele se lasă libere, fără viteză inițială. Să se determine vitezele celor două bile în momentul în care distanța dintre ele va fi din nou egală cu  $a$ .



fig.16

17. O legătură solidă sub forma unei bile mici de masă  $M$ , unește rigid o tijă de lungime  $L$  cu mijlocul unui disc metallic subțire. Celălalt capăt al tijei este legat de un tavan printr-o articulație ideală A, astfel încât toată construcția se poate roti în jurul punctului A, cu tija mereu perpendiculară pe disc (fig.17). Dedesubt, exact sub articulație, la distanța  $a$  față de disc este fixată o sarcină punctiformă  $q$ . Să se determine perioada micilor oscilații ale sistemului. Discul este conectat electric la pământ,  $a \ll L$ , de asemenea,  $a \ll R$ ,  $R$  fiind raza discului, tija și discul au greutatea neglijabilă. Se neglijează frecările cu aerul, iar accelerația gravitațională este  $g$ .

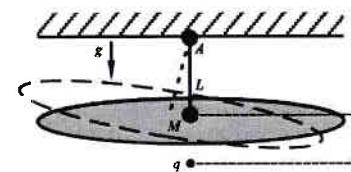


fig.17

18. O sferă conductoare de rază  $R$ , cu pereții subțiri, a fost încărcată uniform cu sarcina electrică totală  $Q$ , după care a fost tăiată în jumătate, de-a lungul

„ecuatorului”. O jumătate a sferei a fost dată la o parte, iar cealaltă jumătate a rămas pentru studiu. Să se determine potențialul câmpului electric creat de sarcinile de pe semisferă, într-un punct din planul „ecuatorial”, aflat la

distanța  $\frac{R}{2}$  față de centrul sferei.

19. În centrul unui inel fixat, de rază  $R$  și cu sarcina electrică totală pozitivă  $Q$  distribuită uniform de-a lungul circumferinței, se menține în repaus o bilă mică de masă  $m$  și sarcină  $2Q$ . Se lasă bila liberă și ea va începe să se miște de-a lungul axului inelului. Să se determine viteza bilei la distanța  $\frac{4R}{3}$  față de centrul inelului.

20. În spațiul liber, pe un cerc de rază  $R_0$ , în vârfurile unui pătrat înscris în cerc, se află patru corpuri punctiforme cu masa  $m$  fiecare. Două din ele au

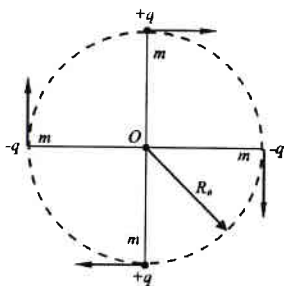


fig.20

sarcina  $+q$ , iar celelalte două,  $-q$  (fig.20). În momentul inițial, acestor puncte materiale li se comunică viteze egale în modul, orientate de-a lungul tangentei la cerc, în sens orar. Se cunoaște că în timpul mișcării, distanța minimă a oricărui corp față de centrul  $O$  al cercului inițial este  $R_1$  ( $R_1 < R_0$ ). Se va considera că în orice moment de timp sarcinile se află în vârfurile unui pătrat cu centrul în  $O$ . Forțele gravitaționale se neglijează.

1. Să se determine traiectoria mișcării acestor corpuri punctiforme.

2. Determinați un timp caracteristic (perioada) al mișcării acestor corpuri punctiforme.

21. Patru particule au sarcini identice,  $q$ . Inițial, ele sunt menținute pe o

dreaptă (fig.21), astfel încât distanțele  $r$  dintre două particule vecine sunt egale ( $AB = BC = CD$ ). Particulele se lasă libere. Ele se îndepărtează una de alta, distanțele dintre particulele

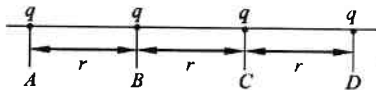


fig.21

vecine se măresc, dar rămân egale ( $A'B' = B'C' = C'D'$ ). Se cunoaște că masa fiecărei particule interioare este  $m$ . Aflați masa  $M$  a particulelor de la margini și, de asemenea, vitezele finale ale fiecărei particule.

22. La un capăt al unei tije subțiri, orizontale este fixată sarcina  $q$ , iar la distanța  $r$  față de ea este menținută printr-un fir ideal o mărgeică cu masa  $m$  și sarcina, de asemenea,  $q$  (fig.22). Tija se mișcă cu viteza orizontală

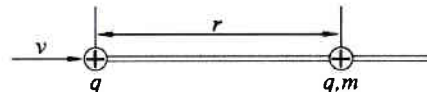


fig.22

$v$ , orientată spre mărgea. Se arde firul, iar tija se menține în mișcare cu viteza anterioară. Determinați lucrul mecanic efectuat de forța care menține tija în mișcare, până în momentul în care distanța dintre sarcini devine  $R$ . Se neglijează frecările.

23. Două sfere metalice de raze  $r_1$  și  $r_2$  sunt legate între ele printr-un conductor subțire. Sfera a doua este înconjurată de un înveliș conductor

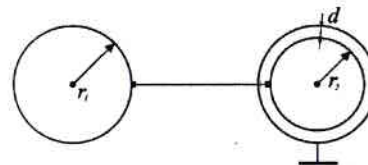


fig.23

concentric, aflat la distanța  $d$  față de suprafața sa și legat la pământ. Sferelor li se comunică sarcina electrică  $Q$ . Cum se va distribui această sarcină pe sfere? Se va considera că  $d \ll r_2$  și că distanța dintre sfere este mult mai mare decât razele lor.

24. O bilă din plastilină, cu raza  $R$  este acoperită în mod uniform cu un strat de plăcuțe metalice mici, care sunt în contact între ele. Suprafața bilei este electrizată cu sarcina  $Q$ . În aceste condiții, una dintre plăcuțe se desprinde de bilă. Să se determine accelerația plăcuței în acest moment. Masa unei plăcuțe este  $m$ , suprafața ei este  $S$ , iar permitivitatea electrică absolută a plastilinei este  $\epsilon$ .

25. Un lanț rectiliniu format din  $N$  biluțe metalice identice, conectate între

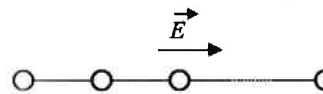


fig.25

ele prin fire conductoare este așezat într-un câmp electric omogen a cărui vector intensitate a câmpului electric este paralel cu lanțul. Razele biluțelor sunt  $R$ , distanța dintre ele  $l$ , astfel încât  $l \gg R$ . Aflați valoarea

sarcinilor induse pe biluțele de la margini.

26. Două plăci metalice cu suprafețele  $S$  egale, sunt așezate orizontal, astfel încât cea dedesubt este fixată, iar cea de deasupra este suspendată de un

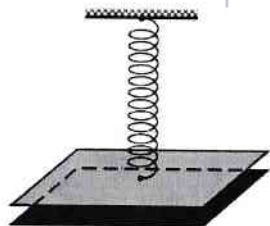


fig.26

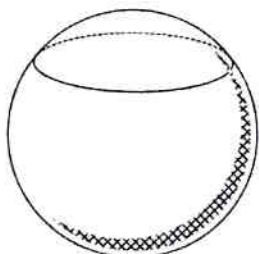


fig.27

resort elastic de constantă elastică  $k$ . În poziția de echilibru, distanța dintre plăci este  $h_0$ . Ce tensiune maximă se poate aplica între plăci, astfel încât ele încă să nu se atingă?

27. O sferă metalică încărcată, cu raza  $R$ , este secționată în două părți cu ajutorul unui plan care o traversează la distanța  $h$  față de centrul sferei (fig.27). Să se calculeze cu ce forță se vor respinge cele două părți ale sferei. Sarcina totală a sferei este  $Q$ .

28. Departe, față de un cazan foarte mare, încărcat cu sarcină electrică, se află o oală neîncărcată. O căniță mică, de asemenea neîncărcată, prevăzută cu un mâner izolator, se aduce în contact, mai întâi cu cazanul, apoi cu oala. Pe oală apare o sarcină electrică  $q_1$ . Se repetă procedura. Sarcina electrică de pe oală crește la valoarea  $q_2$ . Aflați sarcina

electrică de pe căniță după contactul cu cazanul. Toate vasele sunt din aluminiu. Contactul dintre căniță și cazan, respectiv, oală se face în același loc în ambele cazuri.

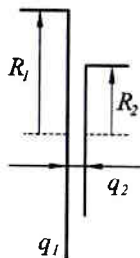


fig.29

29. Două discuri coaxiale cu razele  $R_1 = 10$  cm și  $R_2 = 5$  cm, se află la distanța  $d = 2,4$  mm unul față de altul (fig.29). Discurile sunt încărcate uniform, cu densitatea superficială de sarcină  $\sigma = 20 \mu\text{C}/\text{m}^2$ . Determinați forța de interacțiune dintre discuri.

30. Fie o sferă conductoare de rază  $R$  și o sarcină punctiformă  $+q$ , aflată la distanța  $d$  față de centrul sferei (fig.30). Să se determine forța care acționează din partea sferei, asupra sarcinii. Analizați cazul când:

- a) sfera este legată la pământ ( $V_{\text{sferă}} = 0$ );
- b) sfera este izolată ( $V_{\text{sferă}} \neq 0$ ).

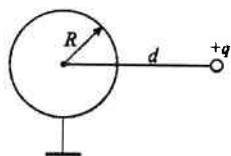


fig.30

31. O sarcină punctiformă  $+q$  se află la distanța  $d$  față de o suprafață plană de separație MN, dintre doi dielectrici cu

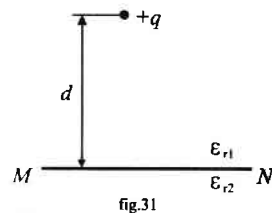


fig.31

permitivitățile electrice relative  $\epsilon_{r1}$  și  $\epsilon_{r2}$ . Dielectricii sunt infiniți. Să se determine forța care acționează asupra sarcinii și potențialul câmpului electric într-un punct oarecare dintr-un dielectric sau celălalt.

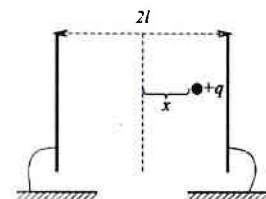


fig.33

32. Două plăci metalice plane și semiinfinite fac între ele un unghi diedru  $\alpha = 60^\circ$ . Pe planul bisector al unghiului diedru, la distanța  $d$  față de muchia unghiului, se află o sarcină punctiformă  $+q$ . Să se determine forța care acționează asupra sarcinii. Plăcile metalice sunt legate la pământ.

33. Să se determine forța care acționează asupra sarcinii punctiforme  $+q$  aflată la distanța  $x$  față de mijlocul dintre două plăci metalice plane și paralele, legate la pământ (fig.33). Distanța dintre plăci este  $2l$ . Dimensiunile plăcilor sunt foarte mari.

34. În montajul reprezentat schematic pe fig.34, raportul capacităților condensatoarelor este

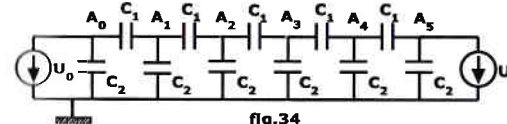


fig.34

$\frac{C_2}{C_1} = \frac{4}{3}$ , iar tensiunea la bornele unei surse este  $U_0 = 10$  V. Pentru ce

tensiune a celeilalte surse  $U_1$ , potențialele punctelor  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  vor fi în progresie geometrică? Ce valori au potențialele acestor puncte?

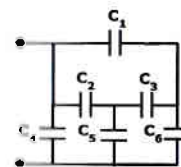


fig.35

35. Să se calculeze capacitatea rețelei de condensatoare identice din fig.35. Capacitatea electrică a fiecărui condensator este  $C$ .

36. Ce diferență maximă de potențial se poate obține având la dispoziție o baterie cu tensiunea electromotoare  $E$  și două condensatoare identice, fără pierderi?

37. Un condensator este format din două plăci metalice paralele. Distanța dintre plăci este  $h$  și este mult mai mică decât dimensiunile plăcilor. Suprafața fiecărei plăci este  $S$ . Condensatorul este conectat la o sursă de