



Subiectul III: Șah electromagnetic

Jocul de șah își are originea în India antică, fiind descoperit în jurul secolului al VI-lea, pentru a-i menține antrenati pe soldații din acea perioadă. Se spunea că este un joc de război, dar unul în care câmpul de luptă este mintea – “un joc care te va învăța principiile strategiei, tacticii și valoarea răbdării”.

Minifizicus, un elev pasionat de șah și electromagnetism, s-a gândit să modifice regulile acestui joc și să creeze o versiune nouă de șah pentru elevii olimpici la Fizică, un joc pe care l-a numit “Șah electromagnetic”. Acest joc are următoarele reguli:

- Fiecare piesă de pe tabla de șah este încărcată cu sarcină electrică.
- Piesele de pe tabla de șah ale unui jucător interacționează **doar** cu piesele adversarului, prin forțe electrostatice, descrise de legea lui Coulomb. Se consideră că dimensiunile pieselor sunt mult mai mici decât distanțele dintre ele.
- Piesele se pot deplasa pe tabla de șah conform regulilor din șahul clasic.
- Se consideră poziție de **șah-mat** (joc câștigat) atunci când regele este în poziție de șah-mat clasic, iar forța electrostatică dintre acel rege și regina adversarului atinge **valoarea maxim posibilă**.
- Dacă regele este în poziție de șah-mat, dar forța electrostatică dintre acel rege și regina adversarului nu este maxim posibilă, se consideră **remiză**.

Matul din patru mutări (cunoscut drept matul începătorului) este cea mai simplă variantă de a câștiga o partidă de șah împotriva unui începător. O variantă a acestuia este prezentată în **Figura 1**. Tabla de șah este împărțită în 8×8 **pătrățele** cu latura $l = 5.7\text{cm}$, pătrățelele fiind identificate folosind indici de la **1** la **8** pe coloană și de la **a** la **h** pe linie (de ex.: regina neagră este la **d8**).

Sarcina de lucru 1: interacțiune electrostatică (1,0 p)

Se consideră că piesele de șah sunt în centrul pătrățelului pe care se află, iar tabla de șah este confecționată dintr-un material izolator. Se cunosc sarcinile electrice ale pieselor de șah: $Q_{\text{pion}} = 1.6 \cdot 10^{-7}\text{C}$, $Q_{\text{nebu}} = 2.3 \cdot 10^{-7}\text{C}$, $Q_{\text{rege}} = 0.9 \cdot 10^{-7}\text{C}$, $Q_{\text{regina}} = 0.2 \cdot 10^{-7}\text{C}$ și permitivitatea electrică a aerului $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\text{F/m}$.

1.a.	Găsește piesa albă de pe tabla de șah (poziția ei - linie și coloană), din Figura 1 c), pusă deja în mișcare de jucător, care interacționează electrostatic cel mai puternic cu regele negru (aflat pe poziția e8) și calculează această forță.	0,3 p
1.b.	Află forța cu care piesele albe, puse deja în mișcare în situația din Figura 1c), acționează asupra regelui negru.	0,7 p

- Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

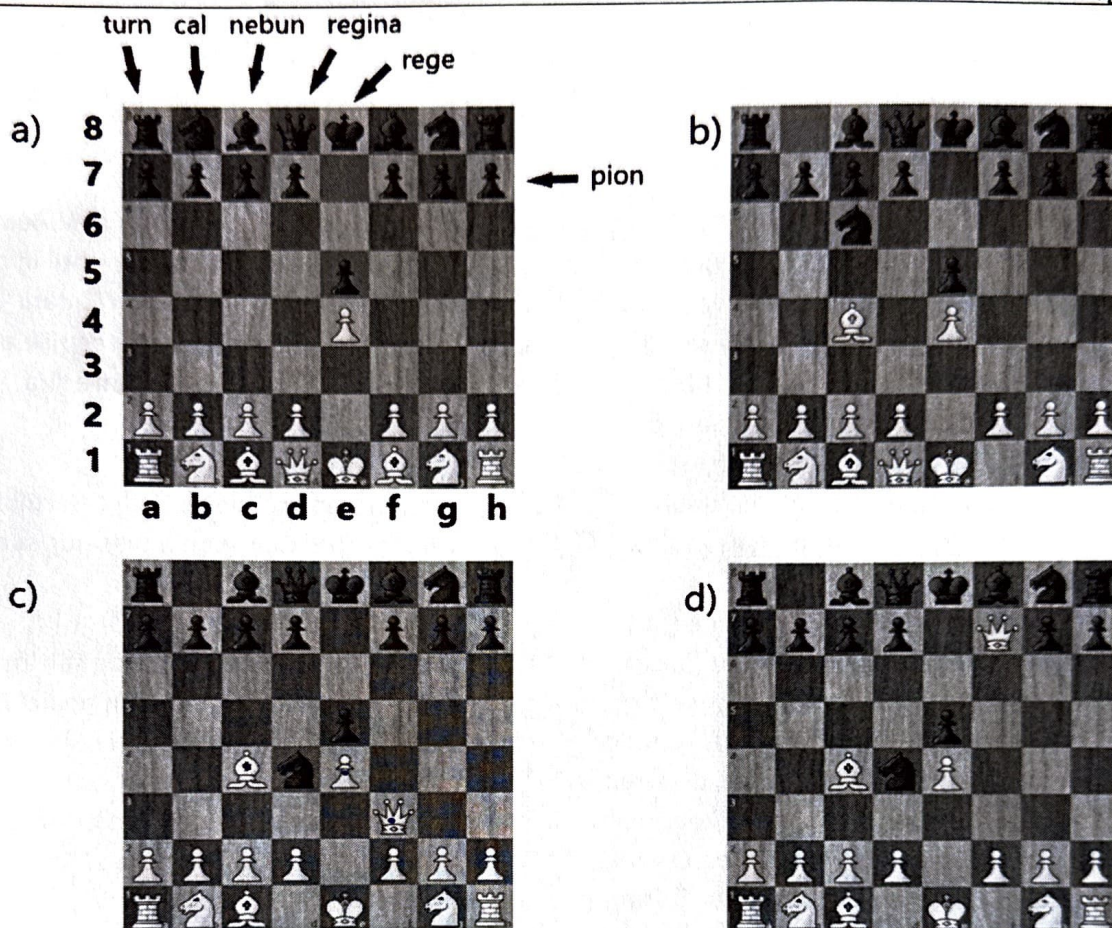


Figura 1. Matul din patru mutări: pion alb $e2 \rightarrow e4$, pion negru $e7 \rightarrow e5$ (a); nebun alb $f1 \rightarrow c4$, cal negru $b8 \rightarrow c6$ (b); regina albă $d1 \rightarrow f3$, cal negru $c6 \rightarrow d4$ (c); regina albă $f3 \rightarrow f7$ (d)

Sarcina de lucru 2: șah-mat (0,6 p)

În condițiile din Figura 1 d), după regulile șahului clasic, regele negru este în poziție de șah-mat (nu are unde muta fără a fi în șah).

2.a.	Se consideră șah-mat după regulile șahului electromagnetic? Justifică răspunsul.	0,6 p
------	--	-------

Sarcina de lucru 3: pionul (2,2 p)

Pionul - una dintre piesele de pe tabla de șah, este alcătuit din doi cilindri cu razele cercurilor ce formează bazele acestora a_1 , respectiv a_2 , având înălțimea cilindrului h_1 , respectiv h_2 și o sferă de rază a_3 (Figura 2). Fiecare element este încărcat cu o sarcină electrică cu densitatea volumică de sarcină într-un punct $\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r^2}{a_i^2} + e^{-\frac{r}{a_i}}\right)$, cu $i = 1, 2$ sau 3 , iar r este distanța de la acel punct la centrul sferei, respectiv la axa de simetrie a cilindrului.

1. Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

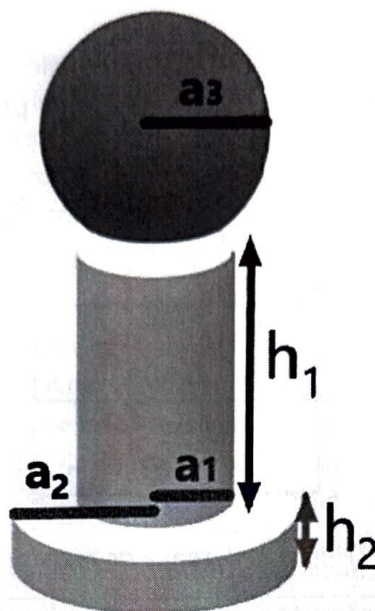


Figura 2. Pionul, una dintre piesele de pe tabla de șah

3.a.	Găsește expresia matematică a sarcinii electrice totale a pionului.	2,2 p
------	---	-------

Sarcina de lucru 4: sarcină distribuită (2,0 p)

Cele patru laturi ale tablei de șah sunt acum încărcate cu densitatea liniară de sarcină $\lambda = 1,4 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}$.

4.a.	Calculează forța (expresie și valoare) cu care tabla de șah acționează asupra pionului de la poziția e4, având sarcina electrică dată la subpunctul a) și unghiul (valoare) sub care este orientată această forță față de o axă orizontală cu sensul spre dreapta.	2,0 p
------	--	-------

Sarcina de lucru 5: tensiune electromotoare (2,2 p)

Se înlătură sarcina depusă la punctul 4 și piesele de pe tabla de șah, apoi se așază pe marginile exterioare ale tablei de șah un fir conductor, obținându-se un pătrat conductor, cu latura $8l$. Se consideră că permitivitatea electrică relativă a tablei este 1. La o distanță d de tabla de șah, paralel cu aceasta, se așază un fir rectiliniu foarte lung, parcurs de un curent electric $I = I_0 \cdot e^{-t/\tau}$, unde I_0 și τ sunt două constante.

5.a.	Determină expresia matematică a tensiunii electromotoare induse în tabla de șah.	2,2 p
------	--	-------

1. Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foale separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
BARAJ - SENIORI



Pagina 4 din 4

Sarcina de lucru 6: rezistență echivalentă (2,0 p)

Se înlătură firul conductor de la punctul 5. Folosind 9 pătrățele ale tablei de șah, care formează un pătrat de latură $3l$, se realizează un circuit electric astfel: fiecare latură de pătrățel are rezistență electrică R (Figura 3).

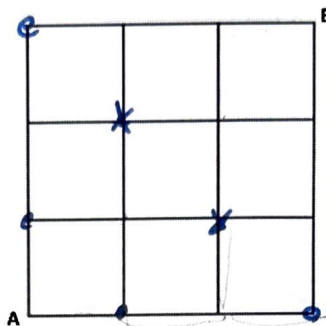


Figura 3. Rețeaua de rezistori

6.a.	Găsește expresia rezistenței electrice echivalente între două colțuri ale pătratului, aflate pe diagonală R_{AB} .	2,0 p
------	--	-------

Notă:

Dacă aveți nevoie, puteți folosi următoarea egalitate:

$$\int f(x) \cdot g'(x) \cdot dx = f(x) \cdot g(x) - \int f'(x) \cdot g(x) \cdot dx$$

Subiect propus de:

Asist. Univ. Drd. **Andrea SIMION**, Facultatea de Fizică, Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca
Lect. Univ. Dr. **Mihai VASILESCU**, Facultatea de Fizică, Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca

1. Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.