

Algebra4 matematikus szakirány

4. gyakorlat

2021. március 4.

1. Legyenek \mathbb{F}_4 elemei $0, 1, a, a^2$. Adjuk meg ezen elemek segítségével \mathbb{F}_4 összeadástablját.
2. Mutassuk meg, hogy az $f(x) = x^3 + x + 1$ és a $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ polinomok egyaránt irreducibilisek \mathbb{F}_2 fölött. Legyen K az f egy gyökével való bővítése \mathbb{F}_2 -nek, F pedig a g gyökével. Adjunk meg egy izomorfizmust F és K között.
3. Legyen $\alpha \in \mathbb{F}_9$ a multiplikatív csoportnak egy generátoreleme. Mi α minimálpolinomja \mathbb{F}_3 felett?
4. (beadandó HF) Legyen $\beta \in \mathbb{F}_8$ multiplikatív csoportjának generátoreleme. Mi lehet β minimálpolinomja \mathbb{F}_2 felett?
5. Jelölje $F_d(x)$ az összes \mathbb{F}_p fölött irreducibilis, d -edfokú, 1-főegyütthatójú polinom szorzatát, N_d pedig az ilyen polinomok számát. Igazoljuk az alábbiakat:
 - (a) $x^{p^n} - x = \prod_{d|n} F_d(x)$;
 - (b) $p^n = \sum_{d|n} dN_d$;
 - (c) $N_n = \frac{1}{n} \sum_{d|n} \mu\left(\frac{n}{d}\right) p^d$. (Itt $\mu(n) = (-1)^r$ ha $n = \prod_{i=1}^r p_i$ négyzetmentes, és $\mu(n) = 0$, ha $n \in \mathbb{N}$ nem négyzetmentes.)
6. Határozzuk meg az $x^{11} - 1$ polinom felbontási testét \mathbb{F}_2 és \mathbb{F}_{11} fölött.
7. Legyen ε egy primitív nyolcadik egységgyök egy K testben (azaz $\varepsilon \in K^\times$ 8-adrendű elem). Igazoljuk, hogy $(\varepsilon + \varepsilon^7)^2 = 2$. (Először lássuk ezt be $K = \mathbb{C}$ esetén.) Vezessük le ebből a $\left(\frac{2}{p}\right) = (-1)^{(p^2-1)/8}$ képletet.
8. Legyen p egy prímszám és $p \nmid n$. Jelölje k a p rendjét modulo n (vagyis p rendét a $(\mathbb{Z}/n\mathbb{Z})^\times$ multiplikatív csoportban). Bizonyítsuk be az alábbi állításokat:
 - (a) $\mathbb{F}_{p^m}^\times$ akkor és csak akkor tartalmaz n rendű elemet, ha $k \mid m$.
 - (b) $\mathbb{F}_{p^m}^\times$ minden n rendű elemének az \mathbb{F}_p feletti minimálpolinomja k -adfokú.
 - (c) Az $x^n - 1$ és a $\Phi_n(x)$ polinomoknak az \mathbb{F}_p feletti felbontási teste \mathbb{F}_{p^k} .
 - (d) A Φ_n körosztási polinom az \mathbb{F}_p test fölött felbomlik k -adfokú, \mathbb{F}_p fölött irreducibilis polinomok szorzatára.
9. Legyen $\alpha \in \mathbb{F}_{p^n}$.
 - (a) Igazoljuk, hogy az $f(x) = (x - \alpha)(x - \alpha^p)(x - \alpha^{p^2}) \dots (x - \alpha^{p^{n-1}})$ polinom együtthatói \mathbb{F}_p -ből valók.
 - (b) Legyen $\text{Tr}(\alpha) = \alpha + \alpha^p + \dots + \alpha^{p^{n-1}}$ az α nyoma. Igazoljuk, hogy $\text{Tr}: \mathbb{F}_{p^n} \rightarrow \mathbb{F}_p$ egy \mathbb{F}_p -lineáris szürjektív leképezés.
 - (c)* Mutassuk meg, hogy az $x^p - x - \alpha \in \mathbb{F}_{p^n}[x]$ polinom vagy irreducibilis, vagy lineáris faktorokra bomlik. Az utóbbi eset pontosan akkor áll fenn, ha $\text{Tr}(\alpha) = 0$.
- 10* Igazoljuk, hogy minden A Abel-csoportra van olyan K véges Galois-bővítése \mathbb{Q} -nak, melynek $\text{Gal}(K/\mathbb{Q})$ Galois-csoportja A -val izomorf. (Használjuk fel Dirichlet tételét a számtani sorozatokban levő prímszámokról.) Híres megoldatlan probléma, hogy igaz-e ez minden G csoportra (inverz Galois-probléma). Ha G feloldható, akkor igaz, és ez Safarevics (1958) tétele. Sőt, igaz minden véges egyszerű csoportra is.