МАТЕМАТИЧКИ ОМНИБУС, 5 (2019), 21 – 32
http://im-pmf.weebly.com/matematicki-omnibus-kniga-5.html

ПРИМЕНА НА АЛГЕБАРСКИТЕ ХИПЕРСТРУКТУРИ ВО ПРИРОДНИТЕ НАУКИ

Катарина Тодоровска [1]

Почеток на теоријата на алгебарските хиперструктури е трудот на Ф. Марти (F. Marty), *За една генерализација на поимот група* (*Sur une Generalisation de la Notion de Groupe*), презентиран на Осмиот Конгрес на скандинавските математичари во 1934 година. Во овој труд е дефиниран поимот хипергрупа како генерализација на поимот група. Потоа, многу автори ја збогатуваат теоријата на алгебарските хиперструктури, изучувајќи разни хиперструктури. Хиперструктурите може да се обопштат на n-арни хиперструктури, [3].

Примената на хиперструктурите е голема – во геометрија, хиперграфови, комбинаторика, веројатност, кодирање, криптографија, хемија, генетика, физика на елементарни честици, кај автомати и вештачка интелигенција, Фредхолмови равенки итн.... Во овој труд накратко ќе биде дадена примената на алгебарските хиперструктури во природните науки и тоа во генетиката, физиката на елементарни честички и во хемијата.

1. ВОВЕД ВО АЛГЕБАРСКИ ХИПЕРСТРУКТУРИ

Во областа на апстрактната алгебра може да се случи композицијата на два елементи од непразно множество H, да не даде елемент од H како во класичната алгебра, туку да даде непразно подмножество од H. Овој тип операции се наречени *хипероперации* или *хиперпроизводи*. Множеството H заедно со една или повеќе хипероперации се нарекува *алгебарска хиперструктура*. Наједноставна хиперструктура е хипергрупоид.

Дефиниција 1.1. Нека H е непразно множество и нека $\mathcal{P}^*(H) = \mathcal{P}(H)\backslash\{\varnothing\}$ е множеството од сите непразни подмножества на множеството H. Секое пресликување $f : H\times H \to \mathcal{P}^*(H)$ се нарекува *бинарна* (*алгебарска*) *хипероперација* или само *хипероперација*. Паротот (H, f) се нарекува *бинарен* (*алгебарски*) *хипергрупоид* или само *хипергрупоид*.

Дефиниција 1.2. Една хипероперација f дефинирана на непразно множество H е:

1) *асоцијативна* ако $f(f(x,y),z) = f(x, f(y,z))$,

2) *слабо асоцијативна* ако $f(f(x,y),z) \cap f(x, f(y,z)) \neq \emptyset$,

за секои $x, y, z \in H$.

Бинарен хипергрупоид со асоцијативна хипероперација се нарекува *хиперполугрупа*, а со слабо асоцијативна хипероперација – H_v*-полугрупа*. Следниов пример е еден пример на H_v-полугрупа којашто не е хиперполугрупа.

Пример 1. Нека $H = \{a, b, c, e\}$ и нека хипероперацијата $\circ$ е зададена со следнава табела:

$\circ$	***e***	***a***	***b***	***c***
e	e	a	b	c
a	a	$\{e, a\}$	c	b
b	b	c	$\{e, b\}$	a
c	c	b	a	$\{e, c\}$

Табела 1. Бинарна хипероперација $\circ$.

Тогаш $(H, \circ)$ е H_v-полугрупа којашто не е хиперполугрупа. Навистина, $(a \circ b) \circ c = c \circ c = \{e,c\}$, $a \circ (b \circ c) = a \circ a = \{e,a\}$. Затоа $\circ$ не е асоцијативна.

Еден хипергрупоид (H, f) за којшто важи аксиомата за репродуктивност, т.е.

$$f(a, H) = f(H, a) = H \text{, за секој } a \in H,$$

се нарекува *хиперквазигрупа*. Една хиперквазигрупа којашто е хиперполугрупа (H_v-полугрупа) се нарекува *хипергрупа* (H_v*-група*).

Дефиниција 1.3. Нека (H, f) е хипергрупа и нека B е подмножество од H. Множеството B се нарекува *хиперподгрупа* од H, ако важат следниве услови:

1) B е затворено во однос на хипероперацијата f, т.е. ако за секои $(x, y) \in B^2$, $f(x, y) \in B$,

2) (B, f) е хиперквазигрупа, т.е. $f(a, B) = f(B, a) = B$, за секој $a \in B$. Повеќе за својствата на хиперподгрупите може да се прочита во [5].

2. ПРИМЕНА НА АЛГЕБАРСКИТЕ ХИПЕРСТРУКТУРИ ВО ГЕНЕТИКАТА

Научното истражување на наследството на гените започнува во 1866 година со експериментите на Мендел (Gregor Mendel). Мендел работел на пронаоѓање на математички правила на наследување на карактеристиките на градинарскиот грашок. Но, на неговиот труд не му се придавало значење сè до 1990 година. Тој ги открил правилата на наследување со вкрстување на различни видови грашок и анализирајќи го преносниот модел на особините на следните генерации. Во неговите експерименти, тој користел 34 видови грашок. Мендел го започнал истражувањето со монохибридно вкрстување, односно со вкрстување сорти грашок коишто се разликувале само во една особина. Ќе дадеме неколку примери на „генетско наследство“. Со P ќе ги обележуваме „родителите“, со F „новата генерација“ и со $\otimes$ вкрстувањето („спарувањето“).

Пример 2. (Монохибридно вкрстување на грашок). Во еден експеримент Мендел вкрстил растенија хомозиген (homozygous) грашок од видот мазно семе (обележан со R) со хомозиген грашок од видот збрчкано семе (обележан со W). Првата генерација на вкрстувањето е P (родители) генерацијата. По вкрстувањето на две сорти на P генерации, Мендел ги добил следниве резултати:

P: Мазно (RR генотип) $\otimes$ Збрчкано (rr генотип)

$\downarrow$

F_1: Сите мазни (Rr генотип)

и

$F_1 \otimes F_1$: Мазно (Rr генотип) $\otimes$ Мазно (Rr генотип)

$\downarrow$

F_2: Мазно (RR генотип), Мазно (Rr генотип), Збрчкано (rr генотип).

Ако множеството H го земеме да биде $H = \{R, W\}$, тогаш $(H, \otimes)$ е хипергрупа. Процесот е прикажан со табела 2:

$\otimes$	$\boldsymbol{R}$	$\boldsymbol{W}$
$\boldsymbol{R}$	R,W	R
$\boldsymbol{W}$	R	W

Табела 2. Монохибридно вкрстување на грашок.

Пример 3. (Дихибридно вкрстување на грашок). Во прилог на монохибридното вкрстување на грашок, Мендел експериментирал и со вкрстување сорти на грашок, кои се разликувале во две карактеристики (дихибридно вкрстување). На пример, тој зел еден хомозиген вид на грашок кој има мазно семе и високо стебло и друг хомозиген вид на грашок кој има збрчкано семе и ниско стебло. Кога ги вкрстил двете растенија, сите F_1 потомци имале мазно семе и високо стебло. На пример:

P: Мазно, Високо ($RRTT$ генотип) $\otimes$ Збрчкано, Кратко ($rrtt$ генотип)

$\downarrow$

F_1: Сите Мазни, Високи ($RrTt$ генотип)

и

$F_1 \otimes F_1$: Мазно, Високо ($RrTt$ генотип) $\otimes$ Мазно, Високо ($RrTt$ генотип)

$\downarrow$

F_2: Мазно, Високо ($RRTT$ генотип); Мазно, Ниско ($RRtt$ генотип и $Rrtt$ генотип); Збрчкано, Високо ($rrTT$ генотип и $rrTt$ генотип); Збрчкано, Ниско ($rrtt$ генотип).

Ако растението Високо и Мазно го обележиме со A, Високо и Збрчкано со B, Ниско и Мазно со C, Ниско и Збрчкано со D, тогаш ја имаме следнава табела:

$\otimes$	$\boldsymbol{A}$	$\boldsymbol{B}$	$\boldsymbol{C}$	$\boldsymbol{D}$
$\boldsymbol{A}$	A,B,C,D	A,B,C,D	A,B,C,D	A,B,C,D
$\boldsymbol{B}$	A,B,C,D	B,D	A,B,C,D	B,D
$\boldsymbol{C}$	A,B,C,D	A,B,C,D	C,D	C,D
$\boldsymbol{D}$	A,B,C,D	B,D	C,D	D

Табела 3. Дихибридно вкрстување на грашок.

Ако множеството H го земеме да биде $H = \{A,B,C,D\}$, тогаш $(H,\otimes)$ е хипергрупа. Јасно е дека $H_0 = \{C,D\}$ е хиперподгрупа од H.

Пример 4. (*ABO* крвна група). Во 1900 година, австрискиот физичар Карл Ландстајнер (Karl Landsteiner) приметил дека постојат неколку различни видови крвни групи и само некои комбинации се компатибилни. Денес, меѓународното здружение за трансфузија на крв (ISBT) признава 285 видови крвни групи од коишто 245 се класифицирани како една од 29 системи на крвни групи. Најпознат систем на крвни групи е системот *ABO* кој се состои од четири типови крвни групи: *A, B, AB* и *O*. Наследувањето на типот на крвната група е прикажано со табела 4:

$\otimes$	***O***	***A***	***B***	***AB***
O	*O*	*O, A*	*O, B*	*A, B*
A	*O, A*	*O, A*	*O, A, B, AB*	*A, B, AB*
B	*O, B*	*O, A, B, AB*	*O, B*	*A, B, AB*
AB	*A, B*	*A, B, AB*	*A, B, AB*	*A, B, AB*

Табела 4. Наследување на *ABO* крвна група.

Ако земеме $H = \{O, A, B, AB\}$, тогаш $(H,\otimes)$ е H_v-полугрупа. Ако земеме $H_0 = \{O, A\}$ и $H_1 = \{O, B\}$, тогаш $(H_0,\otimes)$ и $(H_1,\otimes)$ се хипергрупи.

Пример 5. (*MN* крвна група). *MN* крвните групи се разликуваат од добро познатите *ABO* крвни групи, но принципот е ист. Овде, крвните групи се формираат според типот (s) на антиген (клеточен производ кој предизвикува формирање на антитела), кој се наоѓа на површината на црвените крвни клетки. Кај *MN* крвните групи постојат два антигени *M* и *N*, чиешто производство се определува со ген со две алели (блиску поврзани гени), L^M и L^N. L^M произведува *M* антиген, додека пак L^N произведува *N* антиген. Индивидуите кои имаат генотип $L^M L^M$ имаат само *M* антиген на црвените крвни клетки и се од тип *M* крвна група. Индивидуите кои имаат генотип $L^N L^N$ имаат само *N* антиген на црвените крвни клетки и се од тип *N* крвна група. Хетерозигните ($L^M L^N$) ги произведуваат и двата антигена и се од *MN* крвна група. На пример:

P: M ($L^M L^M$ генотип) $\otimes$ N ($L^N L^N$ генотип)

$\downarrow$

F_1: Сите M ($L^M L^N$ генотип)

и

$F_1 \otimes F_1$: M ($L^M L^N$ генотип) $\otimes$ M ($L^M L^N$ генотип)

$\downarrow$

F_2: M ($L^M L^M$ генотип), MN ($L^M L^N$ генотип), N ($L^N L^N$ генотип).

MN крвниот систем е прикажан со следнава табела:

$\otimes$	***M***	***MN***	***N***
M	*M*	*M, MN*	*MN*
MN	*M, MN*	*M, MN, N*	*MN, N*
N	*MN*	*MN, N*	*N*

Табела 5. Наследување на *MN* крвна група.

Ако земеме $H = \{M, MN, N\}$, тогаш $(H, \otimes)$ е H_v-полугрупа.

Во [2] можат да се најдат повеќе примери на примена на алгебарските хиперструктури во генетиката.

3. ПРИМЕНА НА АЛГЕБАРСКИТЕ ХИПЕРСТРУКТУРИ ВО ФИЗИКА НА ЕЛЕМЕНТАРНИ ЧЕСТИЧКИ

Со пронаоѓањето на електронот во 1897 г. од страна на Томсон (J. J. Thomson), се создава нова гранка во физиката: физика на елементарните честички. Оттогаш оваа гранка се развива многу. Денес, Европската организација за нуклеарни истражувања (CERN) во Франција ја поседува најголемата лабараторија во светот. Во оваа лабараторија се наоѓа најголемиот акцелератор на честички (LHC) кој се користи за пронаоѓање на најмалата елементарна честичка (Higgs boson). Елементарна или фундаментална честичка е честичка којашто нема потструктура, т.е. честичка за којашто не е познато дека е создадена од помали честички. Ако елементарната честичка навистина нема подструктура, тогаш таа е една од основните градбени блокови на универзиумот од којашто се изградени сите други честички.

Елементарните честички се делат на кваркови и лептони. Постојат шест типови на лептони: електрон (e), електрон неутрино (ν_e), мион (μ), мион неутрино (ν_μ), тау (τ) и тау неутрино (ν_τ). Секој лептон има своја античестичка: позитрон (e^+), електрон антинеутрино ($\overline{\nu}_e$), антимион (μ^+), мион антинеутрино ($\overline{\nu}_\mu$), антитау (τ^+) и тау антинеутрино ($\overline{\nu}_\tau$) соодветно. Затоа во групата на лептони постојат 12 честички: $L=\{e,\nu_e,\mu,\nu_\mu,\tau,\nu_\tau,e^+,\overline{\nu}_e,\mu^+,\overline{\nu}_\mu,\tau^+,\overline{\nu}_\tau\}$. Ако со $\otimes$ ја означиме интеракцијата на лептоните, тогаш ја имаме следнава табела:

$\otimes$	e	ν_e	e^+	$\overline{\nu}_e$	μ	ν_μ	μ^+	$\overline{\nu}_\mu$	τ	ν_τ	τ^+	$\overline{\nu}_\tau$
e	e	e ν_e	L	e μ τ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	e μ	e μ ν_e ν_μ	e μ^+ $\overline{\nu}_\mu$ ν_e	e $\overline{\nu}_\mu$	e τ	e τ ν_e ν_τ	e τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_e	e $\overline{\nu}_\tau$
ν_e	e ν_e	ν_e	e^+ μ^+ τ^+ ν_e ν_μ ν_τ	L	e μ ν_e ν_μ	ν_e ν_μ	μ^+ ν_e	e μ^+ $\overline{\nu}_\mu$ ν_e	e τ ν_e ν_τ	ν_e ν_τ	τ^+ ν_e	e τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_e
e^+	L	e^+ μ^+ τ^+ ν_e ν_μ ν_τ	e^+	e^+ $\overline{\nu}_e$	e^+ μ $\overline{\nu}_e$ ν_μ	e^+ ν_μ	e^+ μ^+	e^+ μ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$	e^+ τ $\overline{\nu}_e$ ν_τ	e^+ ν_τ	e^+ τ^+	e^+ τ^+ $\overline{\nu}_e$ ν_τ
$\overline{\nu}_e$	e μ τ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	L	e^+ $\overline{\nu}_\mu$	$\overline{\nu}_e$	μ $\overline{\nu}_e$	e^+ μ $\overline{\nu}_e$ ν_μ	e^+ μ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$	$\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$	τ $\overline{\nu}_e$	e^+ τ $\overline{\nu}_e$ ν_τ	e^+ τ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\tau$	$\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\tau$

μ	e μ	e μ ν_e ν_μ	e^+ μ $\overline{\nu}_e$ ν_μ	μ $\overline{\nu}_e$	μ	μ ν_μ	L	e μ τ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	μ τ	μ τ ν_μ ν_τ	μ τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_μ	μ $\overline{\nu}_\tau$
ν_μ	e μ ν_e ν_μ	ν_e ν_μ	e^+ ν_μ	e^+ μ $\overline{\nu}_e$ ν_μ	μ ν_μ	ν_μ	e^+ μ^+ τ^+ ν_e ν_μ ν_τ	L	μ τ ν_μ ν_τ	ν_μ ν_τ	τ^+ ν_μ	μ τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_μ
μ^+	e μ^+ $\overline{\nu}_\mu$ ν_e	μ^+ ν_e	e^+ μ^+	e^+ μ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$	L	e^+ μ^+ τ^+ ν_e ν_μ ν_τ	μ^+	μ^+ $\overline{\nu}_\mu$	μ^+ τ $\overline{\nu}_\mu$ ν_τ	μ^+ ν_τ	μ^+ τ^+	μ^+ τ^+ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$
$\overline{\nu}_\mu$	e $\overline{\nu}_\mu$	e μ^+ $\overline{\nu}_\mu$ ν_e	e^+ μ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$	$\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$	e μ τ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	L	$\overline{\nu}_\mu$ μ^+	$\overline{\nu}_\mu$	τ $\overline{\nu}_\mu$	μ^+ τ $\overline{\nu}_\mu$ ν_τ	μ^+ τ^+ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	$\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$
τ	e τ	e τ ν_e ν_τ	e^+ τ $\overline{\nu}_e$ ν_τ	τ $\overline{\nu}_e$	μ τ	μ τ ν_μ ν_τ	μ^+ τ $\overline{\nu}_\mu$ ν_τ	τ $\overline{\nu}_\mu$	τ	τ ν_τ	L	e μ τ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$
ν_τ	e τ ν_e ν_τ	ν_e ν_τ	e^+ ν_τ	e^+ τ $\overline{\nu}_e$ ν_τ	μ τ ν_μ ν_τ	ν_μ ν_τ	μ^+ ν_τ	μ^+ τ $\overline{\nu}_\mu$ ν_τ	τ ν_τ	ν_τ	e^+ μ^+ τ^+ ν_e ν_μ ν_τ	L

τ^+	e τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_e	τ^+ ν_e	e^+ τ^+	e^+ τ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\tau$	μ τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_μ	τ^+ ν_μ	μ^+ τ^+	μ^+ τ^+ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	L	e^+ μ^+ τ^+ ν_e ν_μ ν_τ	τ^+	τ^+ $\overline{\nu}_\tau$
$\overline{\nu}_\tau$	e $\overline{\nu}_\tau$	e τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_e	e^+ τ^+ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\tau$	$\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\tau$	μ $\overline{\nu}_\tau$	μ τ^+ $\overline{\nu}_\tau$ ν_μ	μ^+ τ^+ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	$\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	e μ τ $\overline{\nu}_e$ $\overline{\nu}_\mu$ $\overline{\nu}_\tau$	L	τ^+ $\overline{\nu}_\tau$	$\overline{\nu}_\tau$

Табела 6. Интеракција на лептони.

Хипероперацијата $\otimes$ е слабо асоцијативна и е комутативна, но не е асоцијативна. Од табелата може да се забележи дека важи аксиомата за репродуктивност, т.е. $f\ (x, L) = f\ (L, x) = L$ за секој $x \in L$, па $(L, \otimes)$ е абелова H_v-група. Во [4] е дадена листа подредени тројки лептони коишто не го запазуваат асоцијативниот закон, т.е. лептони за коишто $(x \otimes y) \otimes z \neq x \otimes (y \otimes z)$.

4. ПРИМЕНА НА АЛГЕБАРСКИТЕ ХИПЕРСТРУКТУРИ ВО ХЕМИЈАТА

Даваз (B. Davvaz) и Деган-Нецад (A. Dehghan-Nezhad) ја проучуваат примената на алгебарските хиперструктури во хемијата. Тие, во нивниот труд [1] даваат примери на хипергрупи асоцирани со хемијата. Тоа се примери поврзани со хемиските реакции.

Во хемијата, еден атом, молекул или јон што поседува неспарен валентен електрон се нарекува *радикал* или *слободен радикал*. На пример, хлорот Cl, метилот CH_3 и етилот C_2H_5 се примери за слободни радикали. Неспарените валентни електрони се обично многу реактивни, па затоа радикалите лесно влегуваат во хемиска реакција. *Хемиска реакција* е процес кој води до хемиска трансформација на едни супстанции во други. Хемиската реакција вклучува низа од чекори, такви што секој од нив генерира супстанции за наредниот чекор. Хлоризацијата на метанот е пример за хемиска реакција:

1) $Cl_2 \to 2\,Cl^0$

2) $Cl^0 + CH_4 \to HCl + CH_3^{\ 0}$

3) $CH_3^{\ 0} + Cl_2 \to CH_3Cl + Cl^0$

потоа 2), 3), 2), 3) итн...

4) $Cl^0 + Cl^0 \to Cl_2$ или

5) $CH_3^{\ 0} + CH_3^{\ 0} \to CH_3CH_3$ или

6) $CH_3^{\ 0} + Cl^0 \to CH_3Cl$

Првиот чекор во хемиската реакција, чекор 1), е воведен чекор во којшто се апсорбира енергија и се генерира реактивна честичка. Во овој пример расцепување на хлорот на атоми. Во чекорите 2) и 3), се „конзумира“ реактивна честичка и се генерира друга. Чекорите 4) – 5) се нарекуваат завршни чекори. Во нив се „конзумира“ реактивна честичка, но не се генерира друга.

Примената на алгебарските хиперструктури можеме да ја видиме и кај халогените. Халогените се типични неметали. Во групата на халогени спаѓаат пет хемиски елементи: флуор (*F*), хлор (*Cl*), бром (*Br*), јод (*I*) и астат (*At*). Иако тие имаат различни физички својства: флуорот и хлорот се гасови, бромот е течност, а јодот на собна температура е во цврста форма, секој од нив се состои од диатомски молекули. Халогените се многу реактивни. Сите халогени реагираат со хидроген и формираат соединенија на гас: *HF*, *HCl*, *HBr* и *HI*, од кои сите се растворливи во вода. Сите халогени реагираат со метали и даваат халиди:

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}:,\qquad :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:,\qquad :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Br}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Br}}:,\qquad :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{I}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{I}}:$$

Во текот на една хемиска реакција:

$$A_2 + B_2 \xleftrightarrow{\text{топлина или светлина}} AB + AB,$$

се јавуваат молекулите A_2, B_2 и AB чиишто честички се A^0 и B^0. Елементите од овој експеримент може да се комбинираат еден со друг.

Сите можни комбинации за множеството $S = \{A^0, B^0, A_2, B_2, AB\}$ се дадени со следнава табела:

+	A^0	B^0	A_2	B_2	AB
A^0	A^0, A_2	A^0, B^0, AB	A^0, A_2	A^0, B^0, B_2, AB	A^0, B^0, A_2, AB
B^0	A^0, B^0, AB	B^0, B_2	A^0, B^0, A_2, AB	B^0, B_2	A^0, B^0, B_2, AB
A_2	A^0, A_2	A^0, B^0, A_2, AB	A^0, A_2	A^0, B^0, A_2, B_2, AB	A^0, B^0, A_2, AB
B_2	A^0, B^0, B_2, AB	B^0, B_2	A^0, B^0, A_2, B_2, AB	B^0, B_2	A^0, B^0, B_2, AB
AB	A^0, B^0, A_2, AB	A^0, B^0, B_2, AB	A^0, B^0, A_2, AB	A^0, B^0, B_2, AB	A^0, B^0, A_2, B_2, AB

Табела 7. Хемиска реакција.

Теорема 4.1. (S ,+) е хипергрупа. ■

Последица 4.2. $S_1 = \{ A^0, A_2 \}$ и $S_2 = \{ B^0, B_2 \}$ се единствени хиперпод-групи од (S ,+). ■

Ако земеме $A = H$ и $B = \{ F, Cl, Br, I \}$ (на пример $B = I$), табелата која ни ја покажува реакцијата е следнава:

+	H^0	I^0	H_2	I_2	HI
H^0	H^0, H_2	H^0, I^0, HI	H^0, H_2	H^0, I^0, I_2, HI	H^0, I^0, H_2, HI
I^0	H^0, I^0, HI	I^0, I_2	H^0, I^0, H_2, HI	I^0, I_2	H^0, I^0, I_2, HI
H_2	H^0, H_2	H^0, I^0, H_2, HI	H^0, H_2	H^0, I^0, H_2, I_2, HI	H^0, I^0, H_2, HI

I_2	H^0, I^0, I_2, HI	H^0, I_2	H^0, I^0, H_2, I_2, HI	I^0, I_2	H^0, I^0, I_2, HI
HI	H^0, I^0, H_2, HI	H^0, I^0, I_2, HI	H^0, I^0, H_2, HI	H^0, I^0, I_2, HI	H^0, I^0, H_2, I_2, HI

Табела 8. Реакција на халогени.

ЛИТЕРАТУРА

[1] B. Davvaz, A. Dehghan Nezhad, *Chemical examples in hypergroups*, Ratio Mathematica, 14 (2003), 71 – 74.

[2] B. Davvaz, A. Dehghan Nezhad, M. M. Heidari, *Inheritance examples of algebraic hyperstructures*, Information science, 224 (2013), 180 – 187.

[3] B. Davvaz, W. A. Dudek, T. Vougiouklis, *A generalization of n-ary algebraic systems*, Communications in Algebra, 37 (2009), 1248 – 1263.

[4] A. Dehghan Nezhad, M. Nadjafikhah, S. M. Moosavi Nejad, *The algebraic hyperstructure of elementary particles in physical theory*, Arxiv preprint arXiv: 1008.0772, 2010.

[5] C. G. Massouros, *Some properties of certain subhypergroups*, Ratio Mathematica, 25 (2013), 67 – 76.

[1] Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје
Природно-математички факултет,
Архимедова 3, 1000 Скопје, Р. Македонија
e-mail: tekatarina@gmail.com

Примен: 1.11.2018
Поправен: 4.02.2019
Одобрен: 5.02.2019
Објавен на интернет: 8.02.2019