საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მ ო ა მ ბ ე

ტომი XVI, № 3

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1955

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

ფიზიკა

ქიმია

ენერგეტიკა

მემცენარეობა

ექსპერიმენტული მედიცინა

ენათმეცნიერება

მათემატიკა

ა. ბიწაძე

კოშის ტიპის ორგანზომილებიან ინტეგრალთა შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 23.9.1954)

1°. ზოგიერთი მარტივი დამოკიდებულება ოთხკომპონენტიანი გლუვი ვექტორისათვის სამგანზომილებიან არეში

ვთქვათ, D ევკლიდის სამგანზომილებიანი სივრცის არეა, ხოლო $\vec{q}(P)\equiv(q_1, q_2, q_3, q_4)$—ამ არეში მოცემული ვექტორი, რომლის ოთხივე კომპონენტს აქვს პირველი რიგის უწყვეტი წარმოებულები. აღვნიშნოთ D^+-ით მარტივადბმული არე, რომელიც მთლიანად მოთავსებულია D არეში და შემოსაზღვრულია ლიაპუნოვის S ფართეულით. $D^+ + S$-ის დამატება მთელ სივრცემდე აღვნიშნოთ D^--ით.

წერის გამარტივების მიზნით შემოვიღოთ მატრიცული აღნიშვნები:

$$M(P, Q)\equiv -D^*\left(\frac{\partial}{\partial\xi}, \frac{\partial}{\partial\eta}, \frac{\partial}{\partial\zeta}\right)\frac{1}{\rho}\cdot D(\alpha, \beta, \gamma),$$

$$N(P, Q)\equiv -D^*\left(\frac{\partial}{\partial\xi}, \frac{\partial}{\partial\eta}, \frac{\partial}{\partial\zeta}\right)\frac{1}{\rho}\cdot D\left(\frac{\partial}{\partial\xi}, \frac{\partial}{\partial\eta}, \frac{\partial}{\partial\zeta}\right),$$

სადაც

$$D^*(X, Y, Z)\equiv\left\|\begin{matrix} 0 & X & Y & Z\\ X & 0 & Z & -Y\\ Y & -Z & 0 & X\\ Z & Y & -X & 0\end{matrix}\right\|, \quad D(X, Y, Z)\equiv\left\|\begin{matrix} 0 & X & Y & Z\\ X & 0 & -Z & Y\\ Y & Z & 0 & -X\\ Z & -Y & X & 0\end{matrix}\right\|,$$

$\rho(P, Q)$ არის მანძილი $P(x, y, z)$ და $Q(\xi, \eta, \zeta)$ წერტილებს შორის, $\vec{n}(\alpha, \beta, \gamma)$ აღნიშნავს D^+-ის მიმართ S ფართეულის გარე ნორმალს Q წერტილში.

ოსტროგრადსკი-გაუსის ფორმულის უშუალო შედეგია შემდეგი დამოკიდებულებანი:

$$\iint_S D(\alpha, \beta, \gamma)\,\vec{q}(Q)\,d\omega_Q=\iiint_{D^+} D\left(\frac{\partial}{\partial\xi}, \frac{\partial}{\partial\eta}, \frac{\partial}{\partial\zeta}\right)\vec{q}(Q)\,d\tau_Q, \tag{1}$$

$$\frac{1}{4\pi}\iint_S M(P, Q)\,\vec{q}(Q)\,d\omega_Q-\frac{1}{4\pi}\iiint_{D^+} N(P, Q)\,\vec{q}(Q)\,d\tau_Q$$

$$=\begin{cases}\vec{q}(P), & P\in D^+\\ 0\;, & P\in D^-.\end{cases} \tag{2}$$

2°. კოშის თეორემისა და კოშის ინტეგრალური ფორმულის სივრცითი ანალოგი

$\vec{q}\,(P)$ ვექტორს ვუწოდებთ ჰოლომორფულს D არეში, თუ მისი კომპონენტები აკმაყოფილებენ შემდეგ ელიფსურ სისტემას

$$D\left(\frac{\partial}{\partial x},\ \frac{\partial}{\partial y},\ \frac{\partial}{\partial z}\right)\vec{q} = 0. \tag{3}$$

(1) დამოკიდებულებიდან გამომდინარეობს, რომ ჰოლომორფულ $\vec{q}$ ვექტორისათვის ადგილი აქვს ტოლობას (კოშის თეორემას) [1]:

$$\iint\limits_S D(\alpha, \beta, \gamma)\,\vec{q}\,(Q)\,d\omega_Q = 0. \tag{4}$$

სამართლიანია შებრუნებული თეორემაც (მორერას თეორემა): თუ $\vec{q}$ უწყვეტია D არეში და ამ არეში მოთავსებული ყოველ შეკრულ S ფართეულზე ადგილი აქვს (4) ტოლობას, მაშინ $\vec{q}\,(P)$ ჰოლომორფულ ვექტორს წარმოადგენს [1].

ჰოლომორფული $\vec{q}$ ვექტორის შემთხვევაში (2) დამოკიდებულებიდან ვღებულობთ ფორმულას (კოშის ინტეგრალურ ფორმულას) [1]:

$$\frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{q}\,(Q)\,d\omega_Q = \begin{cases}\vec{q}\,(P), & P \in D^+\\ 0\ , & P \in D^-.\end{cases} \tag{5}$$

3°. კოშის ტიპის ორგანზომილებიანი ინტეგრალი

დავუშვათ ახლა, რომ $\vec{q}$ ვექტორი მოცემულია მხოლოდ S ფართეულზე და აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას

$$|\,\vec{q}\,(P) - \vec{q}\,(Q)\,| \leqq L\rho^{\alpha}(P, Q),$$

სადაც

$$L > 0, \quad 0 < \alpha \leqq 1.$$

უშუალო შემოწმებით ვრწმუნდებით, რომ ვექტორი

$$\vec{p}\,(P) = \frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{q}\,(Q)\,d\omega_Q \tag{6}$$

ჰოლომორფულია როგორც D^+, ისე D^- არეში. მე-(6) ფორმულით წარმოდგენილ ვექტორს ბუნებრივია კოშის ტიპის ინტეგრალი ვუწოდოთ.

როცა $P_0 = P(x_0, y_0, z_0)$ წერტილი მოთავსებულია S ფართეულზე, მაშინ (6)-ის მარჯვენა მხარეში ინტეგრალს ჩვეულებრივი გაგებით აზრი არა აქვს. მაგრამ იმ ვექტორთა კლასისათვის, რომელნიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებენ, ამ ინტეგრალს შეიძლება გარკვეული აზრი მივანიჭოთ. მართლაც, გამოვყოთ P_0 წერტილი S ფართეულიდან ε რადიუსის σ_ε სფეროთი, რომლის ცენტრიც P_0 წერტილშია მოთავსებული, და განვიხილოთ ინტეგრალი

$$\frac{1}{4\pi}\iint\limits_{S_\varepsilon} M(P_0, Q)\,\vec{q}\,(Q)\,d\omega_Q, \tag{7}$$

სადაც S_ε წარმოადგენს S ფართეულის ნაწილს, რომელიც σ_ε სფეროს გარეთაა მოთავსებული. თუ (7) ინტეგრალი, როცა $\varepsilon \to 0$, მიისწრაფვის გარკვეული ზღვრისაკენ, მაშინ ამ ზღვარს ვუწოდებთ ინტეგრალს კოშის მთავარი მნიშვნელობის აზრით. $\vec{q}$ ვექტორისათვის, რომელიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს, ეს ზღვარი ყოველთვის არსებობს. ამაში ადგილად დავრწმუნდებით, თუ (7) ინტეგრალს ასე წარმოვადგენთ:

$$\frac{1}{4\pi}\iint_{S_\varepsilon} M(P_0, Q)\,[\vec{q}(Q)-\vec{q}(P_0)]\,d\omega_Q+\vec{q}(P_0)-\frac{1}{4\pi}\iint_{\sigma_{1\varepsilon}} M(P_0, Q)\,\vec{q}(P_0)\,d\omega_Q,$$

სადაც $\sigma_{1\varepsilon}$ არის σ_ε-ის ის ნაწილი, რომელიც S ფართეულის გარეთაა მოთავსებული. ამ გამოსახულების ზღვარი, როცა $\varepsilon \to 0$, ცხადია, არსებობს და მას შემდეგ ინტეგრალის ჩვეულებრივი სიმბოლოთი აღვნიშნავთ:

$$\frac{1}{4\pi}\iint_{S} M(P_0, Q)\,\vec{q}(Q)\,d\omega_Q=\frac{1}{2}\,\vec{q}(P_0)$$

$$+\frac{1}{4\pi}\iint_{S} M(P_0, Q)\,[\vec{q}(Q)-\vec{q}(P_0)]\,d\omega_Q. \tag{8}$$

ლიაპუნოვის ღია გლუვი ფართეულების შემთხვევაში ინტეგრალის მთავარი მნიშვნელობა კვლავ განისაზღვრება ისე, როგორც ზღვარი გამოსახულებისა

$$\frac{1}{4\pi}\iint_{S_\varepsilon} M(P_0, Q)\,[\vec{q}(Q)-\vec{q}(P_0)]\,d\omega_Q+\frac{1}{4\pi}\iint_{S_\varepsilon} M(P_0, Q)\,\vec{q}(P_0)\,d\omega_Q,$$

როცა $\varepsilon \to 0$. ეს ზღვარი ყოველთვის არსებობს, თუ $\vec{q}$ აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას.

4°. ნახტომის ფორმულები კოშის ტიპის ორგანზომილებიანი ინტეგრალისათვის

ვიგულისხმოთ, რომ (6) კოშის ტიპის ინტეგრალის $\vec{q}$ სიმკვრივე აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას. აღვნიშნოთ P_0-ით S ფართეულის წერტილი. (6) გამოსახულება ასე გადავწეროთ:

$$\vec{p}(P)=\frac{1}{4\pi}\iint_{S} M(P, Q)\,[\vec{q}(Q)-\vec{q}(P_0)]\,d\omega_Q+\frac{1}{4\pi}\iint_{S} M(P, Q)\,\vec{q}(P_0)\,d\omega_Q.$$

ცხადია, რომ

$$\vec{p}(P)=\frac{1}{4\pi}\iint_{S} M(P, Q)\,[\vec{q}(Q)-\vec{q}(P_0)]\,d\omega_Q+\vec{q}(P_0), \quad P\in D^+, \tag{9}$$

$$\vec{p}(P)=\frac{1}{4\pi}\iint_{S} M(P, Q)\,[\vec{q}(Q)-\vec{q}(P_0)]\,d\omega_Q, \quad P\in D^+. \tag{10}$$

აღვნიშნოთ $\vec{p}^{+}(P_0)$-ით და $\vec{p}^{-}(P_0)$-ით $\vec{p}(P)$ ვექტორის სასაზღვრო მნიშვნელობა, როცა $P \to P_0$ D^{+} ან D^{-} არიდან შესაბამისად. (8) ფორმულის ძალით, (9) და (10) ფორმულებიდან ვღებულობთ:

$$\vec{p}^{+}(P_0) = \frac{1}{2}\vec{q}(P_0) + \frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P_0, Q)\,\vec{q}(Q)\,d\omega_Q, \tag{11}$$

$$\vec{p}^{-}(P_0) = -\frac{1}{2}\vec{q}(P_0) + \frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P_0, Q)\,\vec{q}(Q)\,d\omega_Q. \tag{12}$$

(11) და (12)-დან ვღებულობთ (სოხოცკის ფორმულებს) [2]:

$$\vec{p}^{+}(P_0) - \vec{p}^{-}(P_0) = \vec{q}(P_0), \tag{13}$$

$$\vec{p}^{+}(P_0) + \vec{p}^{-}(P_0) = \frac{1}{2\pi}\iint\limits_S M(P_0, Q)\,\vec{q}(Q)\,d\omega_Q. \tag{14}$$

5°. განსაკუთრებულ ინტეგრალთა გადასმის ფორმულა

ახლა ადვილია ჩვენება, რომ ადგილი აქვს განსაკუთრებულ ინტეგრალთა გადასმის შემდეგ ფორმულას (პუანკარე—ბერტრანის ფორმულა) [2]:

$$\iint\limits_S M(P_0, Q)\,d\omega_Q \iint\limits_S M(Q, Q_1)\,\vec{\varphi}(Q_1, Q)\,d\omega_{Q_1} = 4\pi^2\,\vec{\varphi}(P_0, P_0)$$

$$+ \iint\limits_S d\omega_{Q_1} \iint\limits_S M(P_0, Q)\,M(Q, Q_1)\,\vec{\varphi}(Q_1, Q)\,d\omega_Q, \tag{15}$$

სადაც $\vec{\varphi}(Q_1, Q)$ არის S ფართეულზე მოცემული ვექტორი, რომელიც აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას Q_1 და Q-ს მიმართ.

მართლაც, განვიხილოთ ჰოლომორფული ვექტორები

$$\vec{\Phi}(P) \equiv \iint\limits_S M(P, Q)\,d\omega_Q \iint\limits_S M(Q, Q_1)\,\vec{\varphi}(Q_1, Q)\,d\omega_{Q_1},$$

$$\vec{\Psi}(P) \equiv \iint\limits_S d\omega_{Q_1} \iint\limits_S M(P, Q)\,M(Q, Q_1)\,\vec{\varphi}(Q_1, Q)\,d\omega_Q,$$

სადაც P აღნიშნავს წერტილს, რომელიც S-ზე არ არის მოთავსებული.

ცხადია, რომ

$$\vec{\Phi}(P) \equiv \vec{\Psi}(P).$$

(14) ფორმულის ძალით გვექნება:

$$\vec{\Phi}^{+}(P_0) + \vec{\Phi}^{-}(P_0) = \iint\limits_S M(P_0, Q)\,d\omega_Q \iint\limits_S M(Q, Q_1)\,\vec{\varphi}(Q_1, Q)\,d\omega_{Q_1}. \tag{16}$$

$\overrightarrow{\Psi}(P)$-ს გამოსახულება ასე გადავწეროთ:

$$\overrightarrow{\Psi}(P)=\iint_S d\omega_{Q_1}\iint_S M(P,Q)\,M(P,Q_1)\overrightarrow{\varphi}(Q_1,Q)\,d\omega_Q$$

$$+\iint_S d\omega_Q\iint_S M(P,Q)\,[M(Q,Q_1)-M(P,Q_1)]\overrightarrow{\varphi}(Q_1,Q)\,d\omega_{Q_1}. \tag{17}$$

(11) და (12)-ის ძალით (17)-დან გამომდინარეობს, რომ

$$\overrightarrow{\Psi}^{+}(P_0)+\overrightarrow{\Psi}^{-}(P_0)=4\pi^2\overrightarrow{\varphi}(P_0,P_0)$$

$$+\iint_S d\omega_{Q_1}\iint_S M(P_0,Q)\,M(Q,Q_1)\overrightarrow{\varphi}(Q_1,Q)\,d\omega_Q. \tag{18}$$

(16) და (18)-ის განტოლება გვაძლევს (15) ფორმულას.

6°. განსაკუთრებულ ინტეგრალურ განტოლებათა ერთი სისტემის შებრუნება

განვიხილოთ განსაკუთრებულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემა

$$A\overrightarrow{\varphi}(P_0)+\frac{B}{2\pi}\iint_S M(P_0,Q)\overrightarrow{\varphi}(Q)\,d\omega_Q=\vec{f}(P_0),\quad P_0,\ Q\in S, \tag{19}$$

სადაც A და B მეოთხე რიგის მოცემული მუდმივი კვადრატული მატრიცებია, $\vec{f}\equiv(f_1,f_2,f_3,f_4)$ S-ზე მოცემული ვექტორია, რომელიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს, $\overrightarrow{\varphi}\equiv(\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3,\varphi_4)$ S-ზე საძიებელი ვექტორია, რომელიც აგრეთვე ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს, ინტეგრალი განხილულია მთავარი მნიშვნელობის აზრით. თუ A და B აკმაფილებენ პირობებს: ა) $\det(A+B)\neq 0$; ბ) $\det(A-B)\neq 0$; გ) მატრიცას $G=(A+B)^{-1}(A+B)$ აქვს სახე

$$G=\begin{Vmatrix} g_1 & g_2 & g_3 & g_4\\ -g_2 & g_1 & -g_4 & g_3\\ -g_3 & g_4 & g_1 & -g_2\\ -g_4 & -g_3 & g_2 & g_1\end{Vmatrix}, \tag{20}$$

მაშინ (19) სისტემის ამოხსნა (ერთადერთი) მოიცემა ფორმულით [3]:

$$\overrightarrow{\varphi}(P_0)=\frac{1}{2}\left[(A+B)^{-1}+(A-B)^{-1}\right]\vec{f}(P_0)$$

$$+\frac{1}{4\pi}\left[(A+B)^{-1}(A-B)-E\right]\iint_S M(B,Q)\,(A-B)^{-1}\vec{f}(Q)\,d\omega_Q, \tag{21}$$

სადაც E ერთეული მატრიცია.

კერძოდ, როცა $A=0$ და $B=E$, (21)-დან ვღებულობთ პირველი გვარის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემის ცალსახა შებრუნებას [5].

7°. ჰოლომორფული ვექტორის ერთი ინტეგრალური წარმოდგენა ნახევარ სივრცეში

ვთქვათ, ახლა D^+ ემთხვევა $Z>0$ ზედა ნახევარ სიბრტყეს; $Z<0$ ქვედა ნახევარ სიბრტყეს აღვნიშნავთ D^--ით. ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ $\vec{p}=(p_1, p_2, p_3, p_4)$ ვექტორი, რომელიც ჰოლომორფულია D^+ არეში და ისპობა უსასრულეთში, ცალსახად განისაზღვრება მისი ორი ნებისმიერი კომპონენტის მნიშვნელობებით $z=0$ სიბრტყეზე S.

ერთადერთობა ცხადია. ადვილად მიიღება $\vec{p}$ ვექტორის ინტეგრალური წარმოდგენაც p_1 და p_4-ის სასაზღვრო მნიშვნელობების საშუალებით. ამ მიზნით $\vec{p}$ ვექტორი განვსაზღვროთ D^- არეში ფორმულით:

$$\vec{p}=\{-p_1(x, y, -z), p_2(x, y, -z), p_3(x, y, -z), -p_4(x, y, -z)\}. \tag{22}$$

ცხადია, რომ (22) ფორმულით განსაზღვრული $\vec{p}$ ვექტორი ჰოლომორფულია D^- არეში. $\vec{p}^+(P_0)$ და $\vec{p}^-(P_0)$ სასაზღვრო მნიშვნელობებისათვის ვღებულობთ

$$\vec{p}^+(P_0)-\vec{p}^-(P_0)=\vec{g}, \tag{23}$$

სადაც $g\equiv(2p_1, 0, 0, 2p_4)$. უბან-უბან ჰოლომორფული ვექტორი, რომელიც (23) პირობას აკმაყოფილებს, ცალსახად განისაზღვრება კოშის ტიპის ინტეგრალით:

$$\vec{p}(P)=\frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{g}(Q)\,d\xi d\eta. \tag{24}$$

(24) ფორმულა იძლევა $\vec{p}$ ვექტორის საძიებელ ინტეგრალურ წარმოდგენას. ცხადია, $\vec{p}$ ვექტორი შეიძლება წარმოვიდგინოთ p_2 და p_3-ის სასაზღვრო მნიშვნელობების საშუალებითაც. ამ წარმოდგენას აქვს სახე

$$\vec{p}=\frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{g}_1(Q)\,d\xi d\eta, \tag{25}$$

სადაც

$$\vec{g}_1\equiv(0, 2p_2, 2p_3, 0).$$

თუ მივიღებთ მხედველობაში ჰოლომორფული $\vec{p}$ ვექტორისათვის კოშის მე-(5) ფორმულას, (24) და (25)-დან გვექნება

$$\frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{p}^+\,d\xi d\eta=\begin{cases}\vec{p}(P), & P\in D^+\\ 0, & P\in D^-,\end{cases} \tag{26}$$

$$\frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{p}^-\,d\xi d\eta=\begin{cases}\vec{p}(P), & P\in D^-\\ 0, & P\in D^+,\end{cases} \tag{27}$$

და

$$\frac{1}{4\pi}\iint\limits_S M(P, Q)\,\vec{p}^-\,d\xi d\eta=0, \quad P\in D^+, \tag{28}$$

$$\frac{1}{4\pi}\iint\limits_{S} M(P, Q)\,\overrightarrow{p}^{-}\,d\xi\,d\eta = 0, \quad P\in D^{-}, \tag{29}$$

სადაც

$$\overrightarrow{p} \equiv (p_1, \; -p_2, \; -p_3, \; p_4).$$

(26), (27), (28), (29) ფორმულები იძლევა საშუალებას ამოვხსნათ პოტენციალთა თეორიის შემდეგი მარტივი ამოცანა: მოვძებნოთ როგორც D^{+} ისე D^{-} არეში ჰარმონიული $u(x, y, z)$ ფუნქცია, რომელიც ისპობა უსასრულეთში, შემდეგი სასაზღვრო პირობით S სიბრტყეზე:

$$u^{+} - u^{-} = 0, \quad \alpha\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^{+} - (1-\alpha)\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^{-} = f(x, y), \tag{30}$$

სადაც α და f მოცემული ფუნქციებია, რომელნიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებენ, ამასთან ვგულისხმობთ, რომ α-ს და $1-\alpha$-ს ერთნაირი ნიშანი აქვს. ცხადია, რომ ამ ამოცანას არ შეიძლება ჰქონდეს ერთზე მეტი ამოხსნა.

პირველად დავუშვათ, რომ $\alpha = \mathrm{const}$. ადვილია შემჩნევა, რომ

$$\vec{p}\left(0, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial u}{\partial z}\right)$$

ვექტორი ჰოლომორფულია როგორც D^{+}, ისე D^{-} არეში. (30) პირობები ჩვენ შეგვიძლია შევცვალოთ ეკვივალენტური ვექტორული პირობით

$$\alpha\vec{p}^{+} = \left(\frac{1}{2} - \alpha\right)\overrightarrow{p}^{-} + \frac{\vec{p}^{-}}{2} + \vec{g}, \tag{31}$$

ან პირობით

$$\frac{1}{2}\,\vec{p}^{+} = (1-\alpha)\,\vec{p}^{-} + \frac{1-2\alpha}{2}\,\overrightarrow{p}^{+} + \vec{g}, \tag{32}$$

სადაც

$$\vec{g} \equiv (0, \; 0, \; 0, \; f).$$

თუ წერტილი $P\in D^{-}$, მაშინ (26), (27), (29) ფორმულების ძალით (31) პირობიდან ვღებულობთ

$$\vec{p}(P) = -\frac{1}{2\pi}\iint\limits_{S} M(P, Q)\,\vec{g}\,d\xi\,d\eta. \tag{33}$$

როცა $P\in D^{+}$, მაშინ $\vec{p}$ ვექტორისათვის გვექნება

$$\vec{p}(P) = \frac{1}{2\pi}\iint\limits_{S} M(P, Q)\,\vec{g}\,d\xi\,d\eta. \tag{34}$$

(33) და (34) ფორმულებიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ

$$u(x, y, z) = \frac{1}{2\pi}\iint \frac{f(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta}{\left[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + z^2\right]^{1/2}}. \tag{35}$$

ცხადია, რომ (35) წარმოადგენს ზემოდასმული ამოცანის ამოხსნას არამუდმივი α-სათვისაც. იგულისხმება, რომ f აკმაყოფილებს პირობებს, რომლებიც საკმარისია (35)-ის მარჯვენა მხარის ინტეგრალის არსებობისათვის.

ჰოლომორფული ვექტორისათვის ზემოთ მიღებული ინტეგრალური წარმოდგენის გამოყენების მეორე მაგალითს წარმოადგენს შემდეგი ამოცანის ამოხსნა: მოვძებნოთ D^+ არეში ჰოლომორფული $\vec{p} \equiv (p_1, p_2, p_3, p_4)$ ვექტორი, რომელიც ისპობა უსასრულეთში, შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

$$g_1 p_1 + g_2 p_2 + g_3 p_3 + g_4 p_4 = \gamma_1, \quad -g_4 p_1 - g_3 p_2 + g_2 p_3 + g_1 p_4 = \gamma_4, \tag{36}$$

სადაც γ_1 და γ_4 S-ზე მოცემული ფუნქციებია, რომელნიც ჰელდერის პირობებს აკმაყოფილებენ, g_1, g_2, g_3, g_4 მოცემული რიცხვებია, ამასთან $g_1^2 + g_2^2 + g_3^2 + g_4^2 \neq 0$. ეს ამოცანა წარმოადგენს რიმან—ჰილბერტის ცნობილი ამოცანის [4] სივრცით ანალოგს.

$\vec{p}$ ვექტორთან ერთად ჰოლომორფულია აგრეთვე $\vec{p}_1 = G\vec{p}$ ვექტორიც, სადაც G არის მატრიცი (20). (24) ფორმულის ძალით (36) პირობიდან გვექნება

$$\vec{p}_1 = \frac{1}{2\pi} \iint\limits_S M(P, Q)\, \vec{g}(\gamma_1, 0, 0, \gamma_4)\, d\xi d\eta. \tag{37}$$

ვინაიდან $\vec{p}_1$ ვექტორთან ერთად ჰოლომორფულია $\vec{p} = G^{-1}\vec{p}_1$ ვექტორიც, ამიტომ (37)-ის ძალით ვღებულობთ

$$\vec{p} = \frac{G^{-1}}{2\pi} \iint\limits_S M(P, Q)\, \vec{g}(\gamma_1, 0, 0, \gamma_4)\, d\xi d\eta.$$

შევნიშნავთ, რომ დირიხლეს ამოცანა ნახევარსიბრტყისათვის ამ ამოცანის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს.

[2], [3], [5] შრომებში მოცემულია კოშის ტიპის ორგანზომილებიანი ინტეგრალის ზოგიერთი სხვა გამოყენება.

სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემია
ვ. სტეკლოვის სახელობის
მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 19.7.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Gr. C. Moisil, N. Théodoresco. Fonctions holomorphes dans l'espase, Mathematica, 5, 141, 1931.
2. А. В. Бицадзе. Пространственный аналог интеграла типа Коши и некоторые его применения. ДАН СССР, т. 93, № 3, 1953. См. также поправки, ДАН СССР, т. 94, № 6, 1954.
3. А. В. Бицадзе. Обращение одной системы сингулярных интегральных уравнений. ДАН СССР, т. 93, № 4, 1953.
4. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. Гостехиздат. М.—Л., 1946.
5. А. В. Бицадзе. Пространственный аналог интеграла типа Коши и некоторые его применения. Известия АН СССР (серия математическая), 17, № 6, 1953.

მათემატიკა

ი. ჟაკი

ს. ბერნშტეინისა და ი. პრივალოვის თეორემების ზოგიერთი გამოყენების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 25.3.1954)

1. ვთქვათ, $t_n(x)$ წარმოადგენს n-ური რიგის ტრიგონომეტრიულ პოლინომს. ს. ბერნშტეინს [1] ეკუთვნის შემდეგი თეორემა:

თუ $|t_n(x)| < C$, მაშინ $|t'_n(x)| < C\cdot n$.

ი. პრივალოვმა [2] გადაიტანა ეს თეორემა ნებისმიერ $(a, b)\subset[-\pi, \pi]$ ინტერვალისათვის, მიიღო შემდეგი:

თუ $|t_n(x)| < C$, $x\in(a, b)$, მაშინ ყოველი $\varepsilon>0$-სათვის $(a+\varepsilon, b-\varepsilon)$-ზე $|t'_n(x)| < K_\varepsilon C n$, სადაც K_ε მუდმივია დამოკიდებული ε-ზე ($K_\varepsilon\to\infty$, როცა $\varepsilon\to 0$).

ს. ბერნშტეინისა და ი. პრივალოვის აღნიშნული თეორემები სათანადოდ გადაიტანება ორმაგ ტრიგონომეტრიულ პოლინომებზე.

2. შევნიშნოთ, რომ ორმაგი ტრიგონომეტრიული პოლინომი $T_{m,n}(x, y)$,

$$T_{m,n}(x, y)=\sum_{k=0}^{m}\sum_{l=0}^{n}\lambda_{k,l}(a_{k,l}\cos kx\cos ly+b_{k,l}\sin kx\cos ly$$
$$+c_{k,l}\cos kx\sin ly+d_{k,l}\sin kx\sin ly),$$

სადაც

$$\lambda_{k,l}=1,\ \lambda_{0,l}=\lambda_{k,0}=\frac{1}{2},\quad k, l\geqq 1,\quad \lambda_{0,0}=\frac{1}{4},$$

შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ

$$T_{m,n}(x, y)=A_{0,n}(y)+\sum_{k=1}^{m}[A_{k,n}(y)\cos kx+B_{k,n}(y)\sin kx], \tag{1}$$

სადაც

$$A_{0,n}(y)=\frac{1}{4}a_{0,0}+\frac{1}{2}\sum_{l=1}^{n}(a_{0,l}\cos ly+c_{0,l}\sin ly),$$

$$A_{k,n}(y)=\frac{1}{2}a_{k,0}+\sum_{l=1}^{n}(a_{k,l}\cos ly+c_{k,l}\sin ly),\quad k>0$$

$$B_{k,n}(y)=\frac{1}{2}b_{k,0}+\sum_{l=1}^{n}(b_{k,l}\cos ly+d_{k,l}\sin ly),\quad k>0$$

ვთქვათ, ინტერვალი $[a, b; c, d] \in [-\pi, \pi; -\pi, \pi]$ და მის ყოველ წერტილზე შესრულებულია უტოლობა

$$|T_{m, n}(x, y)| < C, \tag{2}$$

ი. პრივალოვის თეორემის თანახმად და (1), (2) თანაფარდობების ძალით

$$\left|\frac{\partial T_{m, n}(x, y)}{\partial x}\right| < K_{\varepsilon_1} C_m, \ (x, y) \in [a+\varepsilon_1, b-\varepsilon_1; c, d], \tag{3}$$

სადაც K_{ε_1} დამოკიდებულია ε_1-ზე, $\varepsilon_1 > 0$.

$T_{m, n}(x, y)$ პოლინომი შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც y ცვლადის პოლინომი, რომლის კოეფიციენტები დამოკიდებული იქნება x ცვლადზე, მაშინ მივიღებთ

$$\left|\frac{\partial T_{m, n}(x, y)}{\partial y}\right| < L_{\varepsilon_2} Cn, \ (x, y) \in [a, b; c+\varepsilon_2, d+\varepsilon_2], \tag{4}$$

სადაც L_{ε_2} დამოკიდებულია ε_2-ზე, $\varepsilon_2 > 0$.

თუ დავუშვებთ, რომ ყოველი x, y-სათვის $|T_{m, n}(x, y)| < C$, მაშინ ს. ბერნშტეინის თეორემის გამოყენებით მივიღებთ

$$\left|\frac{\partial T_{m, n}(x, y)}{\partial x}\right| < C_m, \quad \left|\frac{\partial T_{m, n}(x, y)}{\partial y}\right| < C_n, \tag{5}$$
$$\left|\frac{\partial^2 T_{m, n}(x, y)}{\partial x \partial y}\right| < C_{m, n}.$$

აღვნიშნოთ ზოგიერთი გამოყენებანი მიღებული უტოლობებისა ორმაგი ტრიგონომეტრიული მწკრივების კრებადობის საკითხში.

3. ცნობილია [1], რომ, თუ

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx), \quad \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin nx - b_n \cos nx)$$

წარმოადგენენ უწყვეტი ფუნქციის ფურიეს მწკრივებს, მაშინ ერთ-ერთი მათგანის თანაბარი კრებადობა მოასწავებს მეორის თანაბარ კრებადობას. გადავიტანოთ ეს თეორემა ორმაგი მწკრივების შემთხვევაში.

ვთქვათ,

$$\sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m, n} (a_{m, n} \cos mx \cos ny + b_{m, n} \sin mx \cos ny + c_{m, n} \cos mx \sin ny$$
$$+ d_{m, n} \sin mx \sin ny) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m, n} A_{m, n}(x, y), \tag{6}$$

$$\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m, n} (-b_{m, n} \cos mx \cos ny + a_{m, n} \sin mx \cos ny$$
$$- d_{m, n} \cos mx \sin ny + c_{m, n} \sin mx \sin ny), \tag{7}$$

$$\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty}\lambda_{m,n}(-c_{m,n}\cos mx\sin ny-d_{m,n}\sin mx\cos ny$$
$$+a_{m,n}\cos mx\sin ny+b_{m,n}\sin mx\sin ny), \tag{8}$$

$$\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty}(d_{m,n}\cos mx\cos ny-c_{m,n}\sin mx\cos ny$$
$$-b_{m,n}\cos mx\sin ny+a_{m,n}\sin mx\sin ny) \tag{9}$$

წარმოადგენენ სათანადოდ ფურიეს[1] ორმაგ მწკრივებს $f(x, y)$, $\bar{f}_1(x, y)$, $\bar{f}_2(x, y)$ და $\bar{f}_3(x, y)$ ფუნქციებისათვის. ადგილი აქვს შემდეგ თეორემას:

თეორემა 1. თუ $f(x, y)$, $\bar{f}_1(x, y)$, $\bar{f}_2(x, y)$, $\bar{f}_3(x, y)$ უწყვეტი ფუნქციებია და (7), (8), (9) მწკრივები თანაბრად კრებადია, მაშინ (6) თანაბრად კრებადია.

დამტკიცება. ვთქვათ, $S_{m,n}(x, y)$, $\overline{S}^{(1)}_{m,n}(x, y)$, $\overline{S}^{(2)}_{m,n}(x, y)$, $\overline{S}^{(3)}_{m,n}(x, y)$ აღნიშნავენ (6), (7); (8), (9) მწკრივების კერძო ჯამებს, ხოლო $\sigma_{m,n}(x, y)$—(6) მწკრივის საშუალო არითმეტიკულს. ადვილი შესამოწმებელია, რომ

$$\sigma_{m,n}(x, y)-S_{m,n}(x, y)=\frac{1}{(m+1)(n+1)}\sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{n}klA_{k,l}(x, y)$$
$$-\frac{1}{m+1}\sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{n}\lambda_{k,l}kA_{k,l}(x,y)-\frac{1}{n+1}\sum_{k=0}^{m}\sum_{l=1}^{n}\lambda_{k,l}lA_{k,l}(x, y)$$
$$=\frac{1}{(m+1)(n+1)}\frac{\partial^2\overline{S}^{(3)}_{m,n}(x, y)}{\partial x\partial y}-\frac{1}{m+1}\frac{\partial\overline{S}^{(1)}_{m,n}(x, y)}{\partial x}$$
$$-\frac{1}{n+1}\frac{\partial\overline{S}^{(2)}_{m,n}(x, y)}{\partial y}. \tag{10}$$

რადგან (7), (8) და (9) თანაბრად კრებადნი არიან, ამიტომ $\varepsilon>0$-სათვის მოიძებნება ისეთ რიცხვთა წყვილები (m_0, n_0), (m_1, n_1), (m_2, n_2), რომ

$$|\overline{S}^{(3)}_{m,n}(x, y)-\overline{S}^{(3)}_{m_0,n_0}(x, y)|<\frac{\varepsilon}{6}, \quad m>m_0,\ n>n_0,$$

$$|\overline{S}^{(1)}_{m,n}(x, y)-\overline{S}^{(1)}_{m_1,n_1}(x, y)|<\frac{\varepsilon}{6}, \quad m>m_1,\ n>n_1,$$

$$|\overline{S}^{(2)}_{m,n}(x, y)-\overline{S}^{(2)}_{m_2,n_2}(x, y)|<\frac{\varepsilon}{6}, \quad m>m_2,\ n>n_2$$

თანაბრად (x, y)-სათვის.

---

[1] (7), (8), (9) მწკრივებს ეწოდება (6) მწკრივის შეუღლებული სათანადოდ x ცვლადის მიმართ, y ცვლადის მიმართ და x, y ცვლადების მიმართ.

(5) უტოლობის ძალით გვაქვს

$$\begin{aligned} &\left| \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} [\overline{S}^{(3)}_{m,n}(x,y) - \overline{S}^{(3)}_{m_0,n_0}(x,y)] \right| < \frac{\varepsilon}{6} mn, \; m > m_0, \; n > n_0, \\ &\left| \frac{\partial}{\partial x} [\overline{S}^{(1)}_{m,n}(x,y) - \overline{S}^{(1)}_{m_1,n_1}(x,y)] \right| < \frac{\varepsilon}{6} m, \; m > m_1, \; n > n_1, \\ &\left| \frac{\partial}{\partial y} [\overline{S}^{(2)}_{m,n}(x,y) - \overline{S}^{(2)}_{m_2,n_2}(x,y)] \right| < \frac{\varepsilon}{6} n, \; m > m_2, \; n > n_2 \end{aligned} \tag{11}$$

თანაბრად (x, y)-სათვის.

შევარჩიოთ რიცხვები $\overline{m} > \max\{m_0, m_1, m_2\}$, $\overline{n} > \max\{n_0, n_1, n_2\}$ ისე, რომ, როცა $m > \overline{m}$

$$\frac{1}{m+1} \left| \frac{\partial^2 \overline{S}^{(3)}_{m_0,n_0}(x,y)}{\partial x \partial y} \right| < \frac{\varepsilon}{6}; \quad \frac{1}{m+1} \left| \frac{\partial \overline{S}^{(1)}_{m_1,n_1}(x,y)}{\partial x} \right| < \frac{\varepsilon}{6} \tag{12}$$

და როცა $n > \overline{n}$

$$\frac{1}{n+1} \left| \frac{\partial \overline{S}^{(2)}_{m_2,n_2}(x,y)}{\partial y} \right| < \frac{\varepsilon}{6}. \tag{13}$$

თუ გამოვიყენებთ (10), (11), (12) და (13) თანაფარდობებს, გვექნება

$$| \sigma_{m,n}(x,y) - S_{m,n}(x,y) | < \varepsilon, \; m > \overline{m}, \; n > \overline{n} \tag{14}$$

თანაბრად (x, y)-ის მიმართ.

რადგან $f(x, y)$ უწყვეტია, ამიტომ $\{\sigma_{m,n}(x,y)\}$ თანაბრად კრებადია $f(x, y)$ ფუნქციისაკენ და (14) ძალით (6) მწკრივი თანაბრად კრებადია.

შენიშვნა 1. ცხადია, რომ (7), (8) და (9) მწკრივების ნაცვლად ჩვენ შეგვეძლო აგვეღო ნებისმიერი სხვა სამი მწკრივი, მოგვეთხოვა მათი თანაბარი კრებადობა, რაც უზრუნველყოფდა დარჩენილი მე-4 მწკრივის თანაბარ კრებადობას. ამგვარად სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 2. თუ $f(x, y)$, $\bar{f}_1(x, y)$, $\bar{f}_2(x, y)$, $\bar{f}_3(x, y)$ *უწყვეტი ფუნქციებია და ოთხი (6), (7), (8), (9) მწკრივებიდან ნებისმიერი სამი თანაბრად კრებადია, მაშინ მეოთხე მწკრივიც თანაბრად კრებადია.*

შენიშვნა 2. თანაფარდობა $\sigma_{m,n}(x,y) - f(x,y) \to 0$, $m, n \to \infty$ დამტკიცებულია იმ პირობებში, როცა (7), (8), (9) მწკრივები თანაბრად კრებადია. მაგრამ მაშინ (7), (8), (9) იქნება უწყვეტი ფუნქციის ფურიეს მწკრივები და ბესელის უტოლობის გამო მივიღებთ

$$\sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} (a^2_{m,n} + b^2_{m,n} + c^2_{m,n} + d^2_{m,n}) < +\infty.$$

ამგვარად (6) მწკრივი ფიშერ-რისის თეორემის ძალით იქნება $f(x, y) \in L^2$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი და $\sigma_{m,n}(x,y) \to f(x,y)$ თითქმის ყველგან, როცა $m, n \to \infty$, მაშასადამე, თითქმის ყველგან

$$\lim_{\substack{m \to \infty \\ n \to \infty}} S_{m,n}(x,y) = f(x,y).$$

ამ შენიშვნის საფუძველზე სამართლიანი ხდება შემდეგი

თეორემა 3. თუ ოთხი (6), (7), (8), (9) მწკრივიდან ნებისმიერი სამი თანაბრად კრებადია, მაშინ მეოთხე კრებადია თითქმის ყველგან.

4. საზოგადოდ $f(x, y)$ ფუნქციის მიახლოებას ახდენენ მთელ სიბრტყეზე ტრიგონომეტრიული პოლინომებით. ზოგჯერ კი უმჯობესია $f(x, y)$ ფუნქციის მიახლოების შესწავლა ტრიგონომეტრიული პოლინომებით რაიმე ოთხკუთხედზე

$$G \in [-\pi,\ \pi,\ -\pi,\ \pi].$$

ვთქვათ, $f(x, y)$ უწყვეტია $G = [a,\ b;\ c,\ d] \in [-\pi,\ \pi,\ -\pi,\ \pi]$ ოთხკუთხედზე და $E^{\mathrm{T}}_{m,\,n} = E^{\mathrm{T}}_{m,\,n}(f)$ არის $f(x, y)$ ფუნქციის საუკეთესო მიახლოება G-ზე ტრიგონომეტრიული პოლინომებით $T_{m,\,n}(x, y)$, რომლის რიგი x-ის მიმართ $\leqq m$ და რიგი y-ის მიმართ $\leqq n$.

სამართლიანია

თეორემა 4. თუ ყოველი ნატურალური m და n-სათვის

$$E^{\mathrm{T}}_{m,\,n} < C(m^{-\alpha} + n^{-\alpha}), \quad 0 < \alpha < 1 \tag{15}$$

მაშინ $f(x, y) \in Lip\alpha$ ყოველ სწორკუთხედში

$$G_{\varepsilon_1,\,\varepsilon_2} = [a + \varepsilon_1,\ b - \varepsilon_1;\ c + \varepsilon_2,\ d - \varepsilon_2].$$

დამტკიცება. (15)-ის ძალით ყოველი m-სათვის მოიძებნება ისეთი პოლინომი $T_{m,\,m}(x, y)$, რომ

$$|\, T_{m,\,m}(x, y) - f(x, y)\,| < 2\,Cm^{-\alpha}. \tag{16}$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$u_0(x, y) = T_{1,\,1}(x, y),$$
$$u_m(x, y) = T_{2^m,\,2^m}(x, y) - T_{2^{m-1},\,2^{m-1}}(x, y), \quad m \geqq 1 \tag{17}$$

ცხადია, რომ

$$f(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} u_m(x, y) \tag{18}$$

(16) და (17) გამო ვღებულობთ

$$|\, u_m(x, y)\,| < C_1 2^{-m\alpha}, \quad (x;\ y) \in G \tag{19}$$

თუ გამოვიყენებთ (3) უტოლობას, მივიღებთ

$$|\, u_m(x + h,\ y) - u_m(x, y)\,| < K_{\varepsilon_1} C_1 2^{m(1-\alpha)} h, \tag{20}$$

სადაც $a + \varepsilon_1 < x < x + h < b - \varepsilon_1$, $h > 0$, $c < y < d$ და K_{ε_1} დამოკიდებულია ε_1-ზე.

ვთქვათ, $0 < h \leqq \frac{1}{2}$ და p რიცხვი განსაზღვრულია პირობით

$$2^{p-1} \leqq \frac{1}{h} < 2^p \tag{21}$$

(18), (19), (20) და (21) თანადობებიდან გამომდინარეობს, რომ, როცა

$$0 < \alpha < 1,\ (x, y) \in G_{\varepsilon_1,\,\varepsilon_2}\ (x + h,\ y) \in_{\varepsilon_1,\,\varepsilon_2}$$

ადგილი აქვს უტოლობას

$$|f(x+h,\ y)-f(x,\ y)|<K\varepsilon_1 C_1 h\sum_{m=0}^{p-1}2^{m(1-\alpha)}+C_2 2^{-p\alpha}<C_3 h^{\alpha},$$

სადაც C_3 დამოკიდებულია C, α და ε_1-ზე.

ანალოგიურად (4) უტოლობის გამოყენებით ვღებულობთ

$$|f(x,y+\eta)-f(x,y)|<C_4 h^{\alpha},$$

სადაც $(x,\ y)\in G_{\varepsilon_1,\ \varepsilon_2}$, $(x,\ y+\eta)\in G_{\varepsilon_1,\ \varepsilon_2}$ და C_4 დამოკიდებულია C, α და ε_2-ზე.

მოვიყვანოთ თეორემა 4-ის ერთი გამოყენება. ვთქვათ, $\overline{\sigma}'_{m,\ n}(x,\ y)$, $\overline{\sigma}^2_{m,\ n}(x,\ y)$, $\overline{\sigma}^3_{m,\ n}(x,\ y)$ წარმოადგენენ სათანადოდ (7), (8) და (9) მწკრივების $(c,\ 1,\ 1)$ საშუალოებს. ლ. ჩეზარის [3] ეკუთვნის შემდეგი თეორემა:

თუ $f(x,\ y)\in Lip\,\alpha$, $0<\alpha<1$ და $R=[-\pi,\ \pi,\ -\pi,\ \pi]$, მაშინ ყოველ შიგა სწორკუთხედზე შესრულებულია პირობა:

$$\overline{\sigma}^{(i)}_{m,\ n}(x,\ y)-\bar{f}_i(x,\ y)=O(m^{-\alpha'})+O(n^{-\alpha'}),\ i=1,\ 2,\ 3,\ 0<\alpha'<\alpha. \quad (22)$$

ვაჩვენოთ, რომ (22) ტოლობაში α' შეცვლა α არ შეიძლება.

დავუშვათ წინააღმდეგი, ე. ი. ყოველ სწორკუთხედზე $G=[a,\ b,\ c,\ d]\in R$ ადგილი აქვს ტოლობას

$$\overline{\sigma}^{(i)}_{m,\ n}(x,\ y)-\bar{f}_i(x,\ y)=O(m^{-\alpha})+O(n^{-\alpha}),\quad 0<\alpha<1$$

მაშინ საუკეთესო მიახლოებას ექნება შემდეგი რიგი

$$E^{\mathrm{T}}_{m,\ n}=O(m^{-\alpha})+O(n^{-\alpha}).$$

თეორემა 4-ით ძალით $f(x,\ y)\in Lip\,\alpha$, რაც საზოგადოდ არ არის სწორი [4].

ა. ს. სერაფიმოვიჩის სახელობის
სტალინგრადის სახელმწიფო პედაგოგიური
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.2.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды. М.—Л., 1939.
2. И. И. Привалов. Интеграл Коши. Саратов, 1919.
3. L. Cesári. Annali di Pisa, (2) 7, 1938, 279—295.
4. И. Е. Жак. По поводу одной теоремы Л. Чезара о сопряженных функциях двух переменных. ДАН СССР, 87, № 5, 1952.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 3, 1955

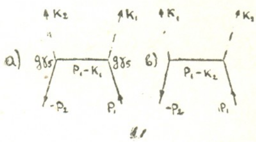
ფიზიკა

ვ. ასრიბეკოვი

ნუკლონ-ანტინუკლონის ორმეზონიანი ანიჰილაციისათვის ვაკუუმის შესწორებები [1]

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 9.4.1954)

[1]-ის მეთოდიკის თანახმად $N-AN$ წყვილთა ორმეზონიანი ანიჰილაციის ძირითადი პროცესი ზოგად შემთხვევაში ორი გრაფიკის საშუალებით წარმოიდგინება ($P-AP$ და $n-An$ წყვილთათვის დამუხტულ მეზონებად დაშლის შემთხვევაში ერთი გრაფიკი გვაქვს).



ნახ. 1

აქ უწყვეტი ხაზები შეესაბამება ნუკლონების გავრცელებას, პუნქტირული კი მეზონთა გავრცელებას (ნახ. 1).

ფსევდოსკალარული ურთიერთქმედების $g_{ps}\gamma_5$ ოპერატორის დახმარებით მატრიცული ელემენტები A (გრაფიკი a) და B (გრაფიკი b) შემდეგი სახით ჩაიწერება:

$$A_{ps}=g_{ps}^2\,\overline{u}_2\gamma_5(\widehat{p_1}-\widehat{k_1}-M)^{-1}\gamma_5 u_1;\quad B_{ps}=g_{ps}^2\,\overline{u}_2\gamma_5(\widehat{p_1}-\widehat{k_2}-M)^{-1}\gamma_5 u_1. \qquad (\mathrm{II},\ 1)$$

გრაფიკის ყოველ კვანძში ადგილი აქვს ენერგია-იმპულსის შენახვის კანონს: $p_1+p_2=k_1+k_2$. განვსაზღვროთ შუალედური იმპულსები ასე:

$$p_3=p_1-k_1=-p_2+k_2;\quad p_4=p_1-k_2=-p_2+k_1 \qquad (\mathrm{II},\ 2)$$

და შემოვიღოთ გამოთვლებში გამოყენებული ინვარიანტული კომბინაციები

$$M^2\alpha=M^2-p_3^2=2\,p_1\cdot k_1-\mu^2;\quad M^2\beta=M^2-p_4^2=2\,p_1\cdot k_2-\mu^2, \qquad (\mathrm{II},\ 3)$$

სადაც M და μ, შესაბამისად, ნუკლონისა და მეზონის მასებს წარმოადგენენ.

მაშინ მარტივი გარდაქმნების შედეგად ძირითადი პროცესის სრული მატრიცული ელემენტი შემდეგ კომპაქტურ სახეს მიიღებს:

---

[1] წინამდებარე სტატია მჭიდრო კავშირშია [3] სტატიის შედეგებთან, რომელსაც ჩვენ ტექსტში ყველგან მოვიხსენიებთ, როგორც I. ფორმულების განსასხვავებლად ამ სტატიის ტექსტში მოყვანილი ფორმულები აიღება რომაული ციფრით II.

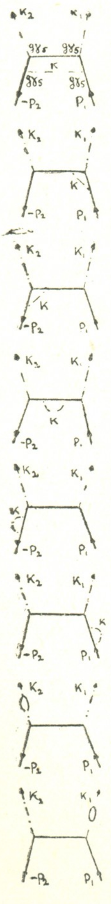
$$W_{ps}=A_{ps}+B_{ps}=\bar{u}_2\,(A^0_{ps}+B^0_{ps})\,u_1$$

$$=\frac{g^2_{ps}}{M^2}\,\bar{u}_2\left[\frac{1}{\alpha}\,(\widehat{p_3}-M)+\frac{1}{\beta}\,(\widehat{p_4}-M)\right]u_1. \qquad \text{(II, 4)}$$

ვაკუუმის შესწორებების გამოთვლა

ერთობლიობა გრაფიკებისა, რომელნიც შეესაბამებიან ძირითადი მატრიცული ელემენტისათვის A^0_{ps} (II, 1) ($A_{ps}=\bar{u}_2 A^0_{ps}\, u_1$) ვაკუუმის პირველ შესწორებებს (მეორე მიახლოებას), წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე:

$g_{\gamma s}=g$



$$\frac{g^4}{\pi i}\int\gamma_5(\widehat{p_2}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5\times$$
$$\times(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}d^4k, \qquad \mathrm{I}^\circ$$

$$\frac{g^4}{\pi i}\int\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-\widehat{k_1}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5\times$$
$$\times(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}d^4k, \qquad \mathrm{II}^\circ$$

$$\frac{g^4}{\pi i}\int\gamma_5(\widehat{p_2}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_2}+\widehat{k_2}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5\times$$
$$\times(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}d^4k, \qquad \mathrm{III}^\circ$$

$$\frac{g^4}{\pi i}\int\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5\times$$
$$\times(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}d^4k, \qquad \mathrm{IV}^\circ$$

$$\frac{g^4}{\pi i}\int\gamma_5(\widehat{p_2}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_2}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5\times$$
$$\times(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}d^4k, \qquad \mathrm{V}^\circ$$

$$\frac{g^4}{\pi i}\int\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5\times$$
$$\times(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}d^4k, \qquad \mathrm{VI}^\circ$$

$$-2g^2\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{k_2^2}-\mu^2)^{-1}\times$$
$$\times\frac{g^2}{\pi i}\int\mathrm{Sp}\left[\left(\widehat{p}-\frac{\widehat{k_2}}{2}-M\right)^{-1}\gamma_5\left(\widehat{p}+\frac{\widehat{k_2}}{2}-M\right)^{-1}\gamma_5\right]d^4p, \qquad \mathrm{VII}^\circ$$

$$-2g^2\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{k_1^2}-\mu^2)^{-1}\times$$
$$\times\frac{g^2}{\pi i}\int\mathrm{Sp}\left[\left(\widehat{p}-\frac{\widehat{k_1}}{2}-M\right)^{-1}\gamma_5\left(\widehat{p}+\frac{\widehat{k_1}}{2}-M\right)^{-1}\gamma_5\right]d^4p. \qquad \mathrm{VIII}^\circ$$

ნახ. 2

ანალოგიური შესწორებები მატრიცული B^0_{ps} ელემენტისათვის შეიძლება მიღებულ იქნეს $\widehat{k_1}$ და $\widehat{k_2}$ ოპერატორების გადასმის გზით. ყველა შესწორების მატრიცული წევრები (გარდა I°-ისა) იმპულსთა სივრცეში იძლევა გან-

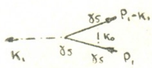
შლად ინტეგრალებს. ასეთი განშლადობები შეიძლება მოხსნილ იქნეს რეგულარიზაციის მეთოდისა და მუხტურ-მასური გადანორმირების ტექნიკის გამოყენებით (რაც განხილულია I-ში).

გრაფიკი I° აღწერს ნუკლონისა და ანტინუკლონის ურთიერთქმედებას მათი მეზონური ბუნების მიხედვით. გრაფიკის შესაბამისი მატრიცული ელემენტი ოპერატორულ გამარტივებათა შედეგად დაიყვანება ერთნაირი სახის ინტეგრალების ჯამზე (როდესაც $\widehat{p}_2 = -p_{2\mu}\gamma_\mu$)

$$\mathrm{I}^\circ = -\frac{g^4}{8\pi}\{f(\widehat{p}_1, \widehat{p}_2, \widehat{p}_3)\, J_0 - f_\sigma(\widehat{p}_1, \widehat{p}_2, \widehat{p}_3)\, J_\sigma + f_{\sigma\tau}(\widehat{p}_1, \widehat{p}_2, \widehat{p}_3)\, J_{\sigma\tau} - \gamma_\sigma\gamma_\tau\gamma_\nu J_{\sigma\tau\nu}\}. \tag{II, 5}$$

ინტეგრალები J_0 და J_σ შეფასებულია I-ში. რაც შეეხება $J_{\sigma\tau}$ და $J_{\sigma\tau\nu}$ ინტეგრალებს, ისინი, როგორც ეს გამოთვლებიდან ჩანს, დაიყვანება უფრო მარტივ ინტეგრალებზე F_0, F_σ, H_σ, J_0, J_σ, რომლებიც იქვეა განხილული.

II° და III° გრაფიკების ანალიზზე გადასვლამდე განვიხილოთ ზოგადი შემთხვევა გრაფიკისა, რომელიც შეესაბამება „*Vertex-part*"-ს,



ნახ. 3

$$V = \int \gamma_5 (\widehat{p}_1 - \widehat{k}_1 - \widehat{k}_0 - M)^{-1} \gamma_5 (\widehat{p}_1 - \widehat{k}_0 - M)^{-1} \gamma_5 \times (\widehat{k}_0^2 - \mu^2)^{-1}\, d^4 k_0. \tag{II, 6}$$

V-ს ოპერატორული ნაწილის გარდაქმნას ის დაჰყავს G-ინტეგრალების ჯამზე:

$$V = -\frac{1}{8i}\{(\widehat{p}_1 - \widehat{k}_1 - M)\,(\widehat{p}_1 + M)\,\gamma_5 \cdot G_0 + [\gamma_\sigma(\widehat{p}_1 + M)\,\gamma_5 + (\widehat{p}_1 - \widehat{k}_1 - M)\,\gamma_\sigma\gamma_5] \cdot G_\sigma^{(1)} - \gamma_\sigma\gamma_\tau\gamma_5\, G_{\sigma\tau}^{(1)}\}. \tag{II, 6a}$$

$G_0^{(1)}$, $G_\sigma^{(1)}$ და $G_{\sigma\tau}^{(1)}$-ის გამოსახულებები მოყვანილია I-ში.

V-ს მატრიცული კომბინაციების დახმარებით მატრიცული ელემენტები, შესაბამისნი II° და III° გრაფიკებისა, შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს კომპაქტური სახით

$$\mathrm{II}^\circ = \frac{g^4}{\pi i}\gamma_5(\widehat{p}_3 - M)^{-1}\, V(\widehat{p}_1, \widehat{k}_1); \quad \mathrm{III}^\circ = \frac{g^4}{\pi i}\,\overline{V}(\widehat{p}_2, \widehat{k}_2)\,(\widehat{p}_3 - M)^{-1}\gamma_5, \tag{II, 7}$$

სადაც ხაზი ტრანსპონირებას აღნიშნავს.

შესწორების გრაფიკები IV°, V°, VI°, მიზანშეწონილია ერთად განვიხილოთ — სამივე მატრიცული ელემენტი შეიცავს „ნუკლონის საკუთარი ენერგიისათვის" (I, 1) დამახასიათებელ განშლად ინტეგრალს.

(I, 4)-ის ანალოგიურად IV°, V° და VI° მატრიცული ელემენტები დაიყვანება ისეთ სახეზე, რომელიც მოხერხებულია გადანორმირების პროცედურის ჩატარებისათვის:

$$\mathrm{IV}^\circ = \frac{g^4}{8\pi}\{\gamma_5(\widehat{p}_3 - M)^{-1}\gamma_5 (D_0 - D_\sigma^{(0)}) - M\gamma_5(\widehat{p}_3 - M)^{-1}(\widehat{p}_3 - M)^{-1}\gamma_5 D_\sigma^{(0)}\} \tag{II, 8a}$$

$$\mathrm{V}^\circ = \frac{g^4}{8\pi}\{\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(C_0-C_\sigma^{(0)})-M(\widehat{p_2}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5 C_\sigma^{(0)}\} \quad (\mathrm{II},8b)$$

$$\mathrm{VI}^\circ = \frac{g^4}{8\pi}\{\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(C_0-C_\sigma^{(0)})-M\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-M)^{-1} C_\sigma^{(0)}\}. \quad (\mathrm{II},8c)$$

მას-გადანორმირების აუცილებლობა იმითაა გამოწვეული, რომ ადგილი აქვს ვირტუალური k მეზონის გამოსხივებასა და შთანთქმას. ამის გამო IV°—VI° გრაფიკთა ძირითადი ეფექტი ΔM მასის ცვლილებით უნდა კომპენსირდებოდეს. ყველაზე ცხადად ეს ჩანს IV° გრაფიკზე, სადაც კვანძებს შორის ნუკლონის მასა მოდულირდება ვირტუალური მეზონის მიერ, რის გამოც კვანძთა შორის ინტერვალში გვაქვს ნუკლონის გავრცელების შეცვლილი ფაქტორი

$$(\widehat{p_3}-M-\Delta M)^{-1} \cong (\widehat{p_3}-M)^{-1}+(\widehat{p_3}-M)^{-1}\cdot\Delta M\cdot(\widehat{p_3}-M)^{-1};$$

აქ მეორე წევრი თავისი სახით თანხვდება IV° მატრიცული ელემენტის კვანძთაშორის ოპერატორულ ნაწილს, იმ პირობით, თუ ΔM ფაქტორი შევცვალეთ ვირტუალური მეზონის გამოსხივებისა და შთანთქმის ფაქტორით

$$\frac{g^2}{\pi i}\int \gamma_5(\widehat{p_3}-\widehat{k}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{k^2}-\mu^2)^{-1}\,d^4k.$$

ამის გამო IV° გრაფიკის მიმართ მას-გადანორმირება პირდაპირ დაიყვანება (II, 8a)-დან (1,2) მას-შესწორების გამოკლებაზე ზემოთ აღნიშნული რეცეპტის მიხედვით:

$$\mathrm{IV}^\circ - g^2\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\Delta M(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5 = \frac{g^2}{8\pi}(D_0-D_\sigma^{(0)})\,A_{ps}^0$$
$$-\frac{g^4}{8\pi}M\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-2}\gamma_5(D_\sigma^{(0)}-C_\sigma^{(0)}). \quad (\mathrm{II},9)$$

გადანორმირების პროცედურა V° და VI° გრაფიკების მიმართ პრინციპში თანხვდება IV° გრაფიკის მიმართ შესაბამის პროცედურას:

$$\mathrm{V}^\circ - g^2\Delta M(\widehat{p_2}-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_3}-M)^{-1}\gamma_5 = \mathrm{VI}^\circ - g^2\gamma_5(p_3-M)^{-1}\gamma_5(\widehat{p_1}-M)^{-1}\Delta M$$
$$= \frac{g^2}{8\pi}(C_0-C_\sigma^{(0)})\,A_{ps}^0. \quad (\mathrm{II},10)$$

მაგრამ განსახილავ შემთხვევებში მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ნუკლონის მასის მოდულირებად ვირტუალური მეზონისათვის პოტენციალური კვანძის ცალმხრივობა, რის გამოც V° და VI° გრაფიკებს მიეწერება $\frac{1}{2}$-ის ტოლი სტატისტიკური წონები. ასე რომ V° და VI° გრაფიკთა ჯამური ეფექტი ტოლია:

$$\mathrm{V}^\circ + \mathrm{VI}^\circ = \frac{g^2}{8\pi}(C_0-C_\sigma^{(0)})\,A_{ps}^0. \quad (\mathrm{II},11)$$

გრაფიკთა უკანასკნელი წყვილი, VII° და VIII° აღწერს ნუკლონური ვაკუუმის პოლარიზაციის ეფექტს. ადვილი სანახავია, რომ (I, 11)-ის დახმა-

რებით VII° და VIII° მატრიცული ელემენტები შემდეგ კომპაქტურ სახეს მიიღებენ:

$$\mathrm{VII}^\circ = 2\,\frac{g^2}{8\pi}\,\widehat{(k_2^2 - \mu^2)^{-1}} \cdot L(\Lambda,\, \widehat{k_2^2})\, A^0_{ps}\,;$$
$$\mathrm{VIII}^\circ = 2\,\frac{g^2}{8\pi}\,\widehat{(k_1^2 - \mu^2)^{-1}} \cdot L(\Lambda,\, \widehat{k_1^2})\, A^0_{ps}\,. \qquad \text{(II, 12)}$$

სანამ გადავიდოდეთ I°—VIII° გრაფიკთა მთელი კომპლექსის ჯამური ეფექტის შეფასებაზე, შევეცადოთ განვთავისუფლდეთ ისეთ წევრთაგან, რომელნიც შეიცავენ ჩაჭრილ ნებისმიერ Λ პარამეტრს. ამისთვის აღვნიშნოთ, რომ Λ-ზე დამოკიდებული წევრები შესწორების მატრიცულ ელემენტებში პროპორციულია ძირითადი პროცესის მატრიცული ელემენტისა

$$A^0_{ps} = g^2 A^{(0)}_{ps};$$

ეს პირდაპირ ჩანს IV°—VIII° მატრიცულ ელემენტთა გამოსახულებებიდან. II° და III° მატრიცულ ელემენტთა შემთხვევაშიც ეს ადვილი დასადგენია, ვინაიდან აქ Λ პარამეტრი მოთავსებულია $G_{\sigma\tau}$ ინტეგრალში. ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს Λ დამოკიდებულების მოსაცილებლად მეთოდად გამოვიყენოთ g მეზონური მუხტის გადანორმირება (რაც განხილულია I-ში). ამ დროს აუცილებელია ყველგან მოვახდინოთ გადასვლა g მუდმივიდან ამის „ექსპერიმენტულ“ მუდმივზე $g_{\text{ექსპ.}}$ (I, 14). მეოთხე მიახლოებისთვის g-მუდმივის მიმართ (რომელსაც შეესაბამება შესწორების წევრები) გადასვლის ეფექტი შესამჩნევია მხოლოდ ძირითადი პროცესის მატრიცული ელემენტის $g^2 A^{(0)}_{ps}$ გარდაქმნებში (შესწორების მატრიცულ ელემენტებში გადასვლის ეფექტი $g \to g_{\text{ექსპ.}}$ საგრძნობია მხოლოდ მეექვსე რიგში). (I, 14)-დან გვაქვს

$$g = g_{\text{ექსპ.}} - \Delta g,$$

ასე რომ A^0_{ps} მატრიცული ელემენტის გარდაქმნა დაიყვანება (g^4-ის რიგის საზღვრებში) გამოსახულებაზე

$$g^2 A^{(0)}_{ps} = g^2_{\text{ექსპ.}} A^{(0)}_{ps} - g_{\text{ექსპ.}} \cdot \frac{g^3}{8\pi} \{2\,q + 2\,H_{\sigma\sigma}(\Lambda,\, \mu^2) + 2\,L'(\Lambda,\, \mu^2)\}\, A^{(0)}_{ps}. \qquad \text{(II, 13)}$$

მეორე წევრი წარმოადგენს A^0_{ps} მატრიცული ელემენტისადმი მეოთხე რიგის შესწორებას. ამიტომ ის უნდა იქნეს განხილული I°—VIII° ვაკუუმურ შესწორებებთან ერთად. შევნიშნოთ, რომ განსახილავი სიზუსტისას არ არის მნიშვნელოვანი განსხვავება $g_{\text{ექსპ.}} \cdot g^3$ და g^4 შორის (ეს განსხვავება აკომპენსირებს განშლადობებს მეექვსე რიგში).

ერთად განვიხილოთ ზემოთ მოყვანილი ვაკუუმური შესწორებები და შესწორების მეორე წევრი (II, 13)-დან (კრებადი მატრიცული ელემენტი I° ჩვენ არ გვაინტერესებს).

(II, 7) და (II, 6a)-დან ადვილად ჩანს, რომ ჯამური ეფექტი II° და III° გრაფიკებისა მიიღებს სახეს:

$$\mathrm{II}^\circ + \mathrm{III}^\circ = \frac{g^4}{8\pi}\{f(\widehat{p_1}, \widehat{p_2})\, G_0 + f_{\sigma 1}\, G_\sigma^{(1)} + f_{\sigma 2}\, G_\sigma^{(2)} + A_{ps}^{(0)}\gamma_\sigma\gamma_\tau G_{\sigma\tau}^{(1)}$$

$$+ \gamma_\tau\gamma_\sigma A_{ps}^{(0)}\, G_{\sigma\tau}^{(2)}\}. \qquad \text{(II, 14)}$$

აქ ჩამოჭრის Λ პარამეტრი შედის მხოლოდ $G_{\sigma\tau}$ ინტეგრალის მესამე წევრში ე. ი. $\delta_{\sigma\tau}$ (იხ. I). როგორც ადვილი სანახავია, (II, 14)-ის ორი უკანასკნელი წევრისაგან შეიძლება გამოყოფილ იქნეს Λ დამოკიდებული ნაწილი მარტივი სახით — $8 \ln \Lambda \cdot A_{ps}^{(0)}$. (II, 14)-ისა და (II, 13)-დან

$$-2\frac{g^4}{8\pi} H_{\sigma\sigma}(\Lambda, \mu^2)\, A_{ps}^{(0)}$$

წევრის ერთად განხილვას მივყავართ Λ წევრის შეკვეცაზე (იხ. აგრეთვე (I, 7)). ამის გამო II° და III° გრაფიკთათვის საბოლოო შედეგი შემდეგი კომბინაციის სახით უნდა განვიხილოთ:

$$\mathrm{II}^\circ + \mathrm{III}^\circ - 2\frac{g^4}{8\pi} H_{\sigma\sigma}(\Lambda, \mu^2)\, A_{ps}^{(0)}. \qquad \text{(II, 15)}$$

ანალოგიურად შეიძლება მოხდენილ იქნეს IV°—VI° გრაფიკთა ერთობლიობისათვის ჯამური მატრიცული გამოსახულების (იხ. (II, 9, 11)) გადანორმირება. ადვილი სანახავია, რომ ეს უკანასკნელი გამოსახულება

$$\mathrm{IV}^\circ + \mathrm{V}^\circ + \mathrm{VI}^\circ = \frac{g^4}{8\pi}\{[(C_0 - C_\sigma^{(0)}) + (D_0 - D_\sigma^{(0)})]\, A_{ps}^{(0)} - M\gamma_5(\widehat{p_3} - M)^{-2}\gamma_5 \times$$

$$\times (D_\sigma^{(0)} - C_\sigma^{(0)})\} \qquad \text{(II, 16)}$$

ჩამოჭრის პარამეტრზე დამოკიდებულია მხოლოდ პირველი წევრის გამო (მეორე წევრის განშლადობა კომპენსირდება მას-გადანორმირების საშუალებით). (II, 13) შესწორების გამოსახულებიდან

$$-2\frac{g^4}{8\pi} q\, A_{ps}^{(0)}$$

წევრის ამოღება და მისი კომბინაცია (II, 16)-თან გვაძლევს Λ დამოკიდებულებისგან განთავისუფლებულ შედეგს. ასე რომ IV°—VI° გრაფიკებიდან წარმოიშვა სასრული შესწორებითი კომბინაცია:

$$\mathrm{IV}^\circ + \mathrm{V}^\circ + \mathrm{VI}^\circ - 2\frac{g^4}{8\pi} q \cdot A_{ps}^{(0)}. \qquad \text{(II, 17)}$$

(II, 12)-ის VII° და VIII° მატრიცულ ელემენტთა ერთობლიობისათვის Λ დამოკიდებულების მოსპობა ხორციელდება (II, 12)-ის ტიპის მესამე წევრის საშუალებით (II, 13)-დან:

$$-2\frac{g^4}{8\pi} L'(\Lambda, \mu^2) \cdot A_{ps}^{(0)}.$$

მართლაც, ამ გამოთქმათა ერთობლივი განხილვა (იხ. აგრეთვე (I, 12)):

$$\mathrm{VII}^\circ+\mathrm{VIII}^\circ-2\,\frac{g^4}{8\pi}L'(\Lambda,\,\mu^2)\,A_{ps}^{(0)}=\frac{g^4}{8\pi}\Big\{L(\Lambda,\,\mu^2)\cdot\sum_{i=1}^{2}\widehat{(k_i^2-\mu^2)^{-1}}$$

$$+\frac{1}{2}L''(\mu^2)\sum_{i=1}^{2}\widehat{(k_i^2-\mu^2)}+\cdots\Big\}\,2\,A_{ps}^{(0)} \qquad \text{(II, 18)}$$

ტოვებს Λ პარამეტრისაგან დამოკიდებულებას (II, 18)-ის მხოლოდ პირველ წევრში (იხ. (I, 11)). ეს უკანასკნელი კი [2] შრომაში გაიგივებულია μ მეზონური მასის შესწორებასთან და მეზონური მასის გადანორმირების საშუალებით გამოირიცხება. VII° და VIII° გრაფიკთა გადანორმირებული წვლილი იღებს მწკრივის სახეს, რომელიც მეორე წევრიდან იწყება:

$$\mathrm{VII}^\circ+\mathrm{VIII}^\circ-2\,\frac{g^4}{8\pi}L'(\Lambda,\,\mu^2)\,A_{ps}^{(0)}$$

$$=\frac{g^4}{8\pi}\Big\{\frac{1}{2}L''(\mu^2)\cdot\sum_{i=1}^{2}\widehat{(k_i^2-\mu^2)}+\cdots\Big\}\,2\,A_{ps}^{(0)}, \qquad \text{(II, 19)}$$

მისი ეფექტი ჩვენ მიერ განსახილავი რიგისათვის ნულოვანია.

საბოლოოდ, I°—VIII° ვაკუუმურ შესწორებათა ჯამური შედეგი A_{ps}^{0} მატრიცული ელემენტისადმი იქნება:

$$A'_{ps}=\mathrm{I}^\circ+\mathrm{II}^\circ+\mathrm{III}^\circ+\mathrm{IV}^\circ+\mathrm{V}^\circ+\mathrm{VI}^\circ-2\,\frac{g^4}{8\pi}\left[H_{\sigma\sigma}(\Lambda,\,\mu^2)+q\right]A_{ps}^{(0)}, \qquad \text{(II, 20)}$$

აქ მოყვანილ წევრთა გაშიფვრა წარმოებს (II, 5), (II, 7), (II, 9) და (II, 11)-ის საშუალებით.

$N—AN$ წყვილთა ორმეზონიანი ანიჰილაციის პროცესის შესწორებული მატრიცული ელემენტის სრული სახე იქნება:

$$W_{ps}^{n}=W_{ps}^{0}+W'_{ps},$$

სადაც

$$W'_{ps}=A'_{ps}+B'_{ps}.$$

W_{ps}^{n} მოდულის კვადრატის გასაშუალებას ნუკლონების სპინების მიმართ შემდეგი ტიპობრივი შპურის გამოთვლაზე მივყავართ:

$$U_{ps}^{n}=\frac{C}{2\,(2\,M)^2}\,\mathrm{Sp}\left[(\widehat{p_2}+M)\,W_{ps}^{n}\,(\widehat{p_1}+M)\,\overline{W_{ps}^{n}}\right]\simeq U_{ps}^{0}+U'_{ps},$$

$$\left(C=-\frac{M^2}{E_1E_2}\right), \qquad \text{(II, 21)}$$

სადაც U'_{ps} შეესაბამება შესწორებით წევრებს:

$$U'_{ps}=\frac{C}{2\,(2\,M)^2}\cdot 2\,\mathrm{Re}\{\mathrm{Sp}\left[(\widehat{p_2}+M)\,A'_{ps}\,(\widehat{p_1}+M)\,\overline{W_{ps}^{0}}\right]$$

$$+\mathrm{Sp}\left[(\widehat{p_2}+M)\,B'_{ps}\,(\widehat{p_1}+M)\,\overline{W_{ps}^{0}}\right]\}=\frac{C}{2\,(2\,M)^2}\cdot 2\,\mathrm{Re}\left[R(\alpha,\,\beta)+R(\beta,\,\alpha)\right]. \qquad \text{(II, 22)}$$

$R(\alpha, \beta)$-ს გამოთვლა მარტივი ჩასატარებელია.

საბოლოოდ ვიღებთ:

$$
\begin{aligned}
R(\alpha, \beta) = \frac{g^6}{8\pi} \Bigg\{ & -\frac{1}{2}(\alpha\beta - \mu_1^4)\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\beta}\right)^2 (B_0 + 2a + \mu_1^2 G_0) \\
& + \frac{1}{2}\left(\frac{\alpha + \mu_1^2}{\alpha}(p_{2\sigma} - p_{1\sigma}) + \frac{\beta + \mu_1^2}{\beta}(p_{2\sigma} - p_{1\sigma}) + \frac{\alpha + \beta + 2\mu_1^2}{\alpha} p_{3\sigma}\right. \\
& \left. + \frac{\alpha + \beta + 2\mu_1^2}{\beta} p_{4\sigma}\right)\left(H_\sigma + G_\sigma^{(1)} + G_\sigma^{(2)} + \frac{1}{2}(\alpha + \beta) J_\sigma\right) \qquad \text{(II, 23)} \\
& - \left[1 + 5\left(1 - \frac{\Theta(\mu^2)}{\operatorname{tg}\Theta(\mu^2)}\right) + \frac{\Theta(\mu^2)}{2 \sin 2\Theta(\mu^2)}(4 - \mu_1^2) - \frac{1}{2}(D_0 - D_\sigma^{(0)})\right. \\
& \left. + \frac{1}{2}(C_0 - C_\sigma^{(0)})\right]\left(1 - \frac{\beta}{\alpha} + \mu_1^4 \frac{1}{\alpha}\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\beta}\right)\right) \\
& + (D_\sigma^{(0)} - C_\sigma^{(0)})\frac{1}{\alpha^2}\left[2\mu_1^2 + \mu_1^4\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right) - \frac{1}{2\beta}\left((\alpha + \beta)^2 - 4\mu_1^4\right)\right]\Bigg\}.
\end{aligned}
$$

ამის შედეგად სრული დიფერენციალური განივკვეთი, რომელიც შეიცავს g^6 რიგის ვაკუუმურ შესწორებებს, იღებს შემდეგ სახეს:

$$d\sigma_{ps}^n = d\sigma_{ps}^0 (1 + \delta), \qquad \text{(II, 24)}$$

სადაც $d\sigma_{ps}^0$ არის შეუსწორებელი განივკვეთი,

$$\delta = \frac{U'_{ps}}{U_{ps}^0} = \frac{g^2}{8\pi} \frac{U_{ps}^{(1)}}{U_{ps}^{(0)}}.$$

g_{ps} ბმის მუდმივის არჩევის გარკვეული ნებისმიერობის გამო ჯერჯერობით ნაადრევი ჩანს δ შესწორებითი წევრის რიცხვითი შეფასება.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 17.4.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Feynman. Theory of positrons, Physical Review, 76, New York, 1949, 749, 769.
2. Watson a. Lepore. Radiative corrections to nuclear forces in the pseudoscalar meson theory, Phys. Rev. 76, 1949, 1157.
3. В. Е. Асрибеков. Перенормировка заряда и массы нуклона в теории вакуумных поправок к мезо-нуклонным процессам. Сообщения АН ГССР, т. XVI, № 1, 1955.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 3, 1955

ფიზიკა

ვ. ჭავჭანიძე

ფერმიონული წყაროს მეზონური ველის განტოლების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 4.12.1954)

ცნობილია მეზონური ველების ნუკლონების ველთან ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანების კონსტრუირების პრინციპები [1]. შედარებით კარგ შედეგებს იძლევიან ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანები ფსევდოსკალარული და ფსევდოვექტორული ბმით ფსევდოსკალარული მეზონებისათვის [2, 3, 4]. მეორე მხრით, შრომაში [5] ნაჩვენებია, რომ ფსევდოსკალარული ბმის წევრი დაისონის გარდაქმნის შემდეგ ძირითადად დაიყვანება ფსევდოვექტორული ბმისა და ეგრეთ წოდებული წყვილური ურთიერთქმედების წევრებამდე. უკანასკნელი წევრის წვლილი მეზონების ნუკლონებით გაბნევაში ძალიან დიდი აღმოჩნდა. შრომაში [6] ნაჩვენებია, რომ წყვილური ურთიერთქმედების წევრის როლი არც თუ ისე უმნიშვნელოა.

ყველა ამასთან დაკავშირებით იგრძნობა აუცილებლობა ურთიერთქმედების იმ წევრების უფრო თანმიმდევრულად და ერთნაირად შემოყვანისა, რომლებმაც ცნობილ თეორიულ გამოთვლებში დაგვარწმუნეს მათს მნიშვნელობაში მეზონ-ნუკლონთა ურთიერთქმედების თეორიის შექმნისას. წინამდებარე შრომაში ჩვენ ვეცდებით განვიხილოთ ახალი გზა ფერმიონული წყაროს ველში ბოზონური ტიპის ველების განტოლების მოსანახავად.

ჩვენ დავეყრდნობით შემდეგ ძირითად დებულებებს: 1. მეზონური ველის განტოლება უნდა იქნეს რელატივისტურად ინვარიანტული; 2. სრული ლაგრანჟიანი უნდა იქნეს რელატივისტურად ინვარიანტული.

როგორც ცნობილია, ენერგიისა და იმპულსის ვექტორისაგან შეიძლება შეიქმნეს ინვარიანტი შემდეგნაირად:

$$p_i p_i = -(mc)^2 = -(\varepsilon)_1 (mc)^2 \tag{1}$$

იგივე თანაფარდობა რელატივისტურ ელექტრონის თეორიაში ასე იწერება:

$$\gamma_i p_i \cdot \gamma_i p_i = -(mc)^2, \tag{2}$$

სადაც γ_i ქმნის 4-ს $(\beta\vec{\alpha}, \beta)$ ვექტორს.

ძნელი არაა დავრწმუნდეთ იმაში, რომ თანაფარდობა (1) შეიძლება ასე იქნეს ჩაწერილი:

$$\gamma_5 p_i \cdot \gamma_5 p_i = (mc)^2 = -(\varepsilon)_{ps} (mc)^2, \tag{3}$$

$$\gamma_5 \gamma_k p_i \cdot \gamma_k \gamma_5 p_i = -(\varepsilon)_{ps} (mc)^2, \tag{4}$$

სადაც

$$\gamma_5 = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \gamma_4.$$

ყველა დაწერილი თანაფარდობა შეიძლება სიმბოლურად ასე დაიწეროს.

$$(p_i)\cdot(p_i) = -(\varepsilon)\,(mc)^2,$$

სადაც (p_i) არის ნაწილაკის იმპულს-მატრიცი; (ε) არის ისეთი მატრიცი, რომელიც უზრუნველყოფს (1) თანაფარდობას. მაგალითად, (3)-ში მატრიცი

$$(\varepsilon)_{ps} = \gamma_5^2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

(1) ფორმულაში კი

$$(\varepsilon)_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

მივიღოთ შემდეგი დაშვება. ნაწილაკ 4-ის იმპულსი განვიხილოთ როგორც ვექტორ-მატრიცი. ვექტორ-მატრიცის თითოეული კომპონენტი არის მატრიცი. უმარტივეს ვექტორ-მატრიცს ექნება ასეთი კომპონენტები:

$$(p_i)_1 = \left(\begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} p_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} p_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} p_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_4 \end{pmatrix} \right)$$

ცხადია, რომ

$$(p_i)_1\cdot(p_i)_1 = -(mc)^2\,(\varepsilon)_1 \tag{6}$$

იმპულსის ნებისმიერი კომპონენტი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:

$$(p_k)_1 = p_k \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \qquad k = 1,\ 2,\ 3,\ 4$$

სადაც p_k არის „c“ ან „q“ რიცხვი.

შეიძლება შემოვიყვანოთ შემდეგი ვექტორ-მატრიცი:

$$(p_i)_{\gamma_5} = ((p_1)_{\gamma_5},\ (p_2)_{\gamma_5},\ (p_3)_{\gamma_5},\ (p_4)_{\gamma_5}),$$

სადაც, მაგალითად, $(p_3)_{\gamma_5}$ უდრის:

$$(p_3)_{\gamma_5} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -ip_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -ip_3 \\ -ip_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -ip_5 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

ადვილი დასანახავია, რომ:

$$(p_i)_{\gamma_5}(p_i)_{\gamma_5} = -(mc)^2(\varepsilon)_{ps} \tag{7}$$

ზუსტად ასევე შეიძლება შემოყვანილ იქნეს შემდეგი ვექტორ-მატრიცები:

$$(p_i)_{\gamma_1},\ (p_i)_{\gamma_2},\ (p_i)_{\gamma_3},\ (p_i)_{\gamma_4}.$$

მაგალითად,

$$(p_i)_{\gamma_4} = (p_i)_\beta = \left(\begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p_1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} p_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} p_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p_3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} p_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -p_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -p_4 \end{pmatrix} \right)$$

ადვილად შეიძლება შეიქმნეს ასეთი ტიპის ვექტორ-მატრიცები:

$$(p_i)_{\gamma_m\gamma_k} \quad \text{ან} \quad (p_i)_{\gamma_m\gamma_k\gamma_l},$$

სადაც

$$m,\ k,\ l = 1;\ 2;\ 3;\ 4.$$

ცხადია, რომ აქვს აზრი შევქმნათ ინვარიანტები იმ სიდიდეებისაგან, რომელთაც ერთი და იგივე ვარიანტობა და ერთი და იგივე მატრიცული აღნაგობა აქვთ. შევქმნათ ინვარიანტი γ_i-ისა და $(p_i)_1$-ს საშუალებით. ადვილი დასანახავია, რომ, თუ ავიღებთ სკალარულ ნამრავლს ორი ვექტორ-მატრიცისას, მივიღებთ სკალარ-მატრიცს $(\gamma_i)\cdot(p_i)$. ცხადია, რომ შეიძლება შეიქმნეს სკალარული ინვარიანტული მატრიცი ასეთნაირადაც:

$$(\gamma_i)(p_i)_1\cdot(\gamma_i)(p_i)_1 = inv$$

(γ_k) და $(p_i)_{\gamma_l}$ ვექტორ-მატრიცებისგან შეიძლება შეიქმნეს ტენზორ-მატრიცი. მაგალითად, უმარტივესი მეორე რანგის ტენზორ-მატრიცი შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$(\gamma_k)(p_i)_1 = (p_i)_{1,\gamma_k} \quad i,\ k = 1,\ 2,\ 3,\ 4.$$

ინვარიანტები შეიძლება შეიქმნეს მეორე და მეოთხე რანგების ტენზორ-მატრიცების შესაბამისი ინდექსების დაქვეითებით.

რელატივისტურად ინვარიანტული ველების განტოლებები შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$\begin{aligned} (p_i)_1(p_i)_1\varphi &= -(mc)^2(\varepsilon)_1\varphi \\ (p_i)_{\gamma_5}(p_i)_{\gamma_5}\varphi &= -(mc)^2(\varepsilon)_{ps}\varphi \\ (p_i)_{\gamma_k}(p_i)_{\gamma_k}\varphi &= -(mc)^2(\varepsilon)_1\varphi \\ (p_i)_{\gamma_k}(p_i)_{\gamma_k}\varphi &= -(mc)^2(\varepsilon)_1\varphi \end{aligned} \tag{8}$$

ზოგადი სახით კი ასე:

$$(p_i)_{\Gamma_p} \cdot (p_i)_{\Gamma_p} \varphi = -(mc)^2 \Gamma_p \Gamma_p \varphi, \tag{8'}$$

სადაც Γ_p არის γ_1, γ_2, γ_3, γ_4 მატრიცების ნებისმიერი კომბინაცია.

იმავე ველებისათვის განტოლებები შეიძლება დაიწეროს სკალარ-მატრიცების გამრავლებით და არა ვექტორ-მატრიცების გამრავლებით ერთმანეთზე, მაგალითად:

$$(\gamma_i)(p_i)_1 \cdot (\gamma_i)(p_i)_1 \varphi = -(mc)^2 (\varepsilon)_1 \varphi$$

$$(\gamma_i)(p_i)_{\gamma_5} \cdot (\gamma_i)(p_i)_{\gamma_5} \varphi = -(mc)^2 (\varepsilon)_{ps} \varphi \tag{9}$$

ზოგადი სახით:

$$(\gamma_i)(p_i)_{\Gamma_p} \cdot (\gamma_i)(p_i)_{\Gamma_p} \varphi = -(mc)^2 \Gamma_p \Gamma_p \varphi \tag{9'}$$

ეს განტოლებები შეიძლება გაწრფივდეს ისევე, როგორც ეს ხდება ელექტრონის რელატივისტურ თეორიაში. (8), (8'), (9), (9') განტოლებებში მიღებულია, რომ

$$p_\mu = -ih \frac{\partial}{\partial x_\mu}.$$

ჩვენ შეგვიძლია ვილაპარაკოთ იმპულის სხვადასხვა რანგის ტენზორ-მატრიცებზე. უმარტივესი ნულოვანი რანგის ტენზორ-მატრიცი მიიღება მეორე რანგის ტენზორ-მატრიცის დაქვეითებით. ნულოვანი რანგის ტენზორ-მატრიცი, ე. ი. სკალარ-მატრიცი ასე ჩაიწერება:

$$(p)_1, \gamma_i = (\gamma_i)(p_i)_1 = \begin{pmatrix} p_4, & 0, & p_3, & p_1+ip_2 \\ 0, & p_4, & p_1+ip_2, & -p_3 \\ -p_3, & -p_1-ip_2, & -p_4, & 0 \\ -p_1+ip_2, & p_3, & 0, & -p_4 \end{pmatrix} = inv$$

ცხადია, რომ

$$(p)_1, \gamma_i \cdot (p)_1, \gamma_i = inv.$$

თავისუფალი ნაწილაკების (8), (8'), (9), (9') განტოლებები არაფრით არ განსხვავდება კლეინ—გორდონის განტოლებებისაგან.

მეზონური ველის სხვა ველებთან ურთიერთქმედების მხედველობაში მისაღებად შემოვიყვანოთ ნაწილაკის განზოგადებული იმპულს-მატრიცი. განვიხილოთ მეზონური ველის ურთიერთქმედება ნუკლონურ წყაროსთან და მოვნახოთ ბმული მეზონური ველის განტოლება.

ჩვენი განხილვა დავიწყოთ $(p_i)_1$ ვექტორ-მატრიცის მაგალითიდან. ჩვენი გამოსავალი დებულება იმაში მდგომარეობს, რომ განზოგადებული იმპულსი მეზოდინამიკაში ისევე უნდა შემოვიდეს, როგორც ეს ელექტროდინამიკაში ხდება. ერთადერთი ოთხვექტორი, რომელსაც შეუძლია დაახასიათოს ნუკლონური წყარო, არის ოთხვექტორი $(\bar{u}\gamma_i u)$, სადაც u არის ნუკლონის ბისპინორი, $\bar{u}$ კი უდრის $u^*\beta$-ს. მოცემულ შრომაში ჩვენ გამოვდივართ იმ მოსაზრებიდან, რომ ნუკლონური წყარო ზუსტად აღიწერება დირაკის განტოლების საშუალებით. ჩვენი მსჯელობები მკაცრი იქნება, თუ ყველგან, სა-

დაც ვილაპარაკებთ ნუკლონურ წყაროზე და ნუკლონურ ველზე, ვიგულისხმებთ ფერმიონულ წყაროს და ფერმიონულ ველს. უკანასკნელი ზუსტად აღიწერება დირაკის განტოლებით. ჩვენ ვღებულობთ, რომ „გაშიშვლებული" ნუკლონი, რომელმაც დაკარგა მეზონური გარემო, არის დირაკის „კარგი" ნაწილაკი.

განზოგადებული იმპულსის ვექტორ-მატრიცი შემოვიყვანოთ ჩვეულებრივი წესით: შევცვალოთ $(p_i)_1$ განზოგადებული იმპულსით

$$(P_i)_1 + \frac{g_1}{c}(\bar{u}\gamma_i u) = \left(\frac{h}{i}\frac{\partial}{\partial x_i}\right)_1 + \frac{g_1}{c}(\bar{u}\gamma_i u), \tag{10}$$

სადაც g_1 არის ველების ბმის მუდმივი, რომელიც დასადგენია.

იმპულსის ვექტორ-მატრიცი $(p_i)_{\gamma_5}$ შევცვალოთ

$$(P_i)_{\gamma_5} + \frac{g_{pv}}{c}(\bar{u}\gamma_5\gamma_i u) = \left(\frac{h}{i}\frac{\partial}{\partial x_i}\right)_{\gamma_5} + \frac{g_{pv}}{c}(\bar{u}\gamma_5 u), \tag{11}$$

იმპულსის სკალარ-მატრიცი შევცვალოთ

$$(P)_{1,\gamma i} + \frac{g_s}{c}(\bar{u}u) = \left(\frac{h}{i}\frac{\partial}{\partial x_i}\right)_{1,\gamma i} + \frac{g_s}{c}(\bar{u}u) \tag{12}$$

იმპულსის ფსევდოსკალარი მატრიცი შევცვალოთ

$$(P)_{1,\gamma_5\gamma i} + \frac{g_{ps}}{c}(\bar{u}\gamma_5 u) = \left(\frac{h}{i}\frac{\partial}{\partial x_i}\right)_{1,\gamma_5\gamma i} + \frac{g_{ps}}{c}(\bar{u}\gamma_5 u). \tag{13}$$

ჩვენ არაცხადი სახით ვისარგებლეთ ჰიპოთეზით, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ იმპულსის მატრიცს ვცვლით განზოგადებული იმპულსის მატრიცისა და იმ მატრიცის ჯამით, რომლის ტენზორული განზომილება თანხვდება იმპულსის განზოგადებული ტენზორ-მატრიცის ტენზორულ განზომილებას. ბმული მეზონური ველის განტოლებები (10), (11), (12), (13) საფუძველზე ასე დაიწერება:

$$(\Box - k^2)\,\varphi = -\frac{ig_1}{hc}\left[(\bar{u}\gamma_i u)\frac{\partial}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\bar{u}\gamma_i u)\right]\varphi + \left(\frac{g_1}{hc}\right)^2(\bar{u}\gamma_i u)^2\varphi, \tag{14}$$

$$\begin{aligned}(\Box - k^2)\,\varphi = &-\frac{ig_{pv}}{hc}\left[(\bar{u}\gamma_5\gamma_i u)\gamma_5\frac{\partial}{\partial x_i} + \gamma_5\frac{\partial}{\partial x_i}(\bar{u}\gamma_5\gamma_i u)\right]\varphi \\ &-\left(\frac{g_{pv}}{hc}\right)^2(\bar{u}\gamma_5\gamma_i u)^2\varphi,\end{aligned} \tag{15}$$

$$(\Box - k^2)\,\varphi = -\frac{ig_s}{hc}\left[(\bar{u}u)\gamma_i\frac{\partial}{\partial x_i} + \gamma_i\frac{\partial}{\partial x_i}(\bar{u}u)\right]\varphi + \left(\frac{g_s}{hc}\right)^2(\bar{u}u)^2\varphi; \tag{16}$$

$$\begin{aligned}(\Box - k^2)\,\varphi = &-\frac{ig_{ps}}{hc}\left[(\bar{u}\gamma_5 u)\gamma_5\gamma_i\frac{\partial}{\partial x_i} + \gamma_5\gamma_i\frac{\partial}{\partial x_i}(\bar{u}\gamma_5 u)\right]\varphi \\ &-\left(\frac{g_{ps}}{hc}\right)^2(\bar{u}\gamma_5 u)^2\varphi.\end{aligned} \tag{17}$$

კონკრეტულობისათვის განვიხილოთ განტოლება (16). მესამე წევრი მარჯვნივ შეიძლება მიღებულ იქნეს ურთიერთქმედების შემდეგ ლაგრანჟიანისაგან $f_1(\bar{u}u)^2\varphi^2$. პირველი წევრი მარჯვნივ შეიძლება მივიღოთ ასეთ ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანისაგან

$$f_1(\bar{u}u)\gamma_i\frac{\partial\varphi}{\partial x_i}\varphi.$$

მეორე წევრი შეიძლება მივიღოთ დ. კირჟნიცის [7] ტიპის ურთიერთქმედების ლაგრანჟიანისაგან (ე. ი. იმპულსური ურთიერთქმედება, რომელიც გვაძლევს განზიდვის ძალებს). მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი წევრი გვაგონებს მეზონური თეორიის ცნობილ წევრებს, (14), (15), (16), (17) განტოლებების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქმე გვაქვს ახალ განტოლებებთან. მთავარი დამახასიათებელი თვისება ამ განტოლებებისა იმაში მდგომარეობს, რომ მარჯვენა ნაწილები ყველა განტოლებისა შეიცავენ ერთსა და იმავე ბმის მუდმივებს. არც ერთი ამ სამ წევრთაგან არ შეიძლება გადაგდებულ იქნეს. ფსევდოსკალარულ და ფსევდოვექტორულ ბმას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს როგორც სკალარული, ისე ფსევდოსკალარული მეზონური ველებისათვის.

შეიძლება დაისვას საკითხი (14), (15), (16), (17) განტოლებების უფრო მკაცრი დაფუძნების შესახებ. უფრო გვიან ნაჩვენები იქნება, რომ ეს განტოლებები მიიღება რელატივისტურად ინვარიანტული ლაგრანჟიანების საშუალებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.12.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Вентцель. Введение в квантовую теорию волновых полей. ГИТТЛ, М.–Л., 1947.
2. D. B. Beard a H. A. Bethe. Field corrections to neutron-proton scattering in a new mixed meson theory. Physical Review vol 83, 1951, 1106.
3. J. Ashkin, A. Simon, R. Marshak. On the scattering of π mesons by nucleons. Progr. of the theor. phys. vol. 5, 1950, 634.
4. C. Marty. Sur l'analyse des diffusions e'lastiques de nucleons par les champs mesiques. Le journal de physique et le Radium, т. 12, 1950, 833.
5. J. V. Lepore. Nuclear forces yielded by the symmetrical pseudoscalar meson theory with pseudoscalar coupling. Physical Review vol. 87, 1952, 209.
6. D. Drell a E. M. Henley. Pseudoscalar mesons with applications to meson—nucleon scattering and photoproduction. Physical Review. Vol. 88, 1952, 1053.
7. Д. А. Киржниц. К вопросу о мезон-нуклонных взаимодействиях. ЖЭТФ, т. 27, 1954, 6.

ქიმია

რ. ლალიძე და ა. დვალიშვილი

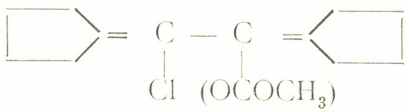
უწყლო ქლორიანი ალუმინის თანაობით 1,1′-ეთინილენ ბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატით ბენზოლის ალკილირების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 12.10.1954)

ერთ-ერთ წინათ გამოქვეყნებულ შრომაში [1] რ. ლალიძისა და სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტის ა. პეტროვის მიერ ნაჩვენები იყო, რომ 1,4-ბუთინდიოლის დიაცეტატის კონდენსაციით ბენზოლთან სხვა პროდუქტებთან ერთად წარმოიქმნება ციკლური ნახშირწყალბადი $C_{14}H_{10}$—კრისტალური ნივთიერება, რომლის ლღ. ტ. 103° უდრის. შემდეგ ტეტრამეთილბუთინდიოლის დიაცეტატის კონდენსაციით ბენზოლთან ანალოგიურ პირობებში მიღებული იყო $C_{14}H_{16}$ შედგენილობის ნახშირწყალბადი—კრისტალური ნივთიერება, ლღ. ტ. 83°. ორივე ნაერთი როგორც სტრუქტურული თვალსაზრისით, ისე მათი წარმოქმნის მექანიზმის მხრივ მნიშვნელოვან თეორიულ ინტერესს წარმოადგენს. ამის გამო მათი თვისებების დეტალური შესწავლა და ანალოგიური ნახშირწყალბადების სინთეზი ჩვენთვის მეტად მიმზიდველ ამოცანას წარმოადგენდა. წინამდებარე შრომაში ჩვენ შევეცადეთ ეს რეაქცია გაგვევრცელებინა 1,1′-ეთინილენბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატზე. ჩატარებული კონდენსაციით, გარდა $C_{18}H_{20}$ შედგენილობის კრისტალური ნახშირწყალბადისა, ლღ. ტ. 83—83,7°, ჩვენ შევძელით სამი შუალედი პროდუქტის გამოყოფა და მათი საკმაოდ დეტალური დახასიათება. ამ მონაცემების საფუძველზე საშუალება გვეძლევა დავაკვირდეთ რეაქციის საფეხურებრივ მიმდინარეობას ცალკეულ სტადიებში. აღნიშნული ნაერთების გამოყოფამ საშუალება მოგვცა უკანასკნელი სტადია ინტრამოლეკულური ციკლიზაციის რეაქციისა (II) უჯერი ალიფატურ-არომატული ეთერისათვის ნეიტრალურ არეში ჩაგვეტარებინა და მიგვეღო იგივე ნახშირწყალბადი—$C_{18}H_{20}$, ლღ. ტ. 83—83,7°. უნდა აღინიშნოს, რომ კონდენსაციის წარმატებით ჩასატარებლად საჭიროა ზუსტად დავიცვათ განსაზღვრული პირობები, წინააღმდეგ შემთხვევაში ტემპერატურული რეჟიმის მცირეოდენი დარღვევა და მორეაგირე ნივთიერებების თანაფარდობათა ცვლილება მკვეთრ გავლენას ახდენს ცალკეული ფრაქციების გამოსავალზე, რის გამო შესაძლოა ზოგიერთი მათგანი სრულებით ვერ მივიღოთ.

ჩვენ მიერ კონდენსაციის პროდუქტებიდან გამოყოფილი ფრაქცია, დუღ. ტ. 113—115°, 1—1,5 მმ წნევაზე უპასუხებს ქლოროეთერს (I), რომელიც 1,1′—ეთინილენბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატის აცილის ნაშთის

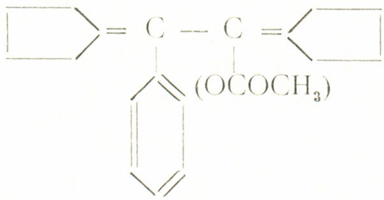
ქლორით ჩანაცვლებისა და აცეტილენ-დიენური გადაჯგუფების შედეგად წარმოიქმნება. იგი იმ ქლოროეთერის იდენტური აღმოჩნდა, რომელიც 1,1'-ეთინილენბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატზე უშუალოდ უწყლო ქლორიანი ალუმინის მოქმედებით მიიღება დეარომატიზებულ ლიგროინის არეში.



I

1 ქლორო—2—აცეტოქსი—1,2-დიციკლოპენტილიდენეთანი. (I) ჟანგვის პროდუქტებიდან იდენტიფიცირებულია მჟაუნ-მჟავა და გლუტარის მჟავა.

შემდეგი ფრაქცია, დ. ტ. 137—140°, 1—2 მმ წნევაზე თავისი ქიმიური თვისებებით უპასუხებს უჯერ ალიფატურ-არომატულ ეთერს (II), 1—აცეტოქსი—2—ფენილ—1,2—დიციკლოპენტილიდენეთანს.

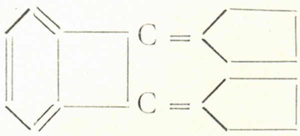


II

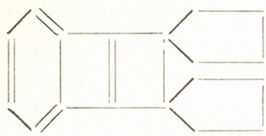
იგი დახასიათებული იყო შემდეგი მონაცემებით: ელემენტური ანალიზით, მოლეკულური წონით, შესაპვნით, ჰიდრირებითა და ჟანგვის პროდუქტების გამოკვლევით, რომელთა შორის ჩვენ შევძელით მჟაუნმჟავასა და ბენზოის მჟავას გამოყოფა.

ფრაქციიდან, რომელიც დუღს 150—180° ფარგლებში, 1—2 მმ წნევაზე გამოიყო კრისტალური ნივთიერება. იგი ეთილის სპირტიდან სამჯერ გადაკრისტალების შემდეგ ლღვება 83—83,7°. ამ ნივთიერების ერთგვაროვნების დადგენის შემდეგ ელემენტური ანალიზისა და მოლეკულური წონის განსაზღვრის საფუძველზე დამტკიცდა, რომ იგი $C_{18}H_{20}$ ნახშირწყალბადს უპასუხებს. ქიმიური თვალსაზრისით იგი საგრძნობი ინერტულობით ხასიათდება. არ აუფერულებს ბრომიან წყალს და პერმანგანატის სუსტ ტუტიან ხსნარს. ჩვეულებრივ პირობებში, ოთახის ტემპერატურაზე პლატინის კატალიზატორით არ ჰიდრირდება. პიკრინის მჟავასთან არ იძლევა პიკრატს. მისი ჟანგვის პროდუქტებიდან შევძელით ბენზოის, გლუტარისა და ორთო-ფტალის მჟავების გამოყოფა და იდენტიფიცირება. პირველი ორი მჟავა იდენტიფიცირებული იყო შესაფერის სუფთა მჟავებთან შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრით. ორთო-ფტალის მჟავა კი აღმოჩენილი იყო ფლუორესცეინის რეაქციის ნათლად გამომჟღავნებული ფერადი ეფექტით.

ვინაიდან ფაქტი $C_{18}H_{20}$—ნახშირწყალბადის წარმოქმნისა (II)-ის ინტრამოლეკულური ციკლიზაციით ერთმნიშვნელოვნად დადასტურებულია, ჩვენ განწყობილი ვიყავით გვეფიქრა, რომ იგი უპასუხებს (III) სტრუქტურულ ფორმულას.



III



IV

მაგრამ უარყოფითი რეაქციები ორმაგ კავშირზე და ამ ნაერთის საკმაოდ მკაფიოდ გამოხატული ინერტული ხასიათი გვაიძულებს ვივარაუდოთ, რომ მისთვის უფრო შესაფერისად მიჩნეული უნდა იქნეს (IV) ფორმულა, შეუღლებული ორმაგკავშირებიანი სისტემით მოლეკულაში. მართალია, ამგვარი ფორმულა ზოგიერთ სტერეოქიმიურ კონცეფციასთან გარკვეულ წინააღმდეგობაში იმყოფება, მაგრამ კვლევის მოცემულ ეტაპზე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მისი განხილვა სასარგებლო ჰიპოთეზის სახით, როგორც აუცილებელი ნაბიჯი ამ უაღრესად საინტერესო შენაერთის ჭეშმარიტი ბუნების დასადგენად.

ექსპერიმენტული ნაწილი

1,1′-ეთინილენბისციკლოპენტანოლი სინთეზებულია დიბრომდიმაგნიაცეტილენისა და ციკლოპენტანონისაგან. ჩვენ მიერ მიღებული პროდუქტი ლღვება 110—111°-ის ფარგლებში. ლიტერატურული მონაცემებით 1,1′-ეთინილენბისციკლოპენტანოლის ლღ. ტ. არის 107—108° [2], 109,8—110,8° [3]. აღნიშნული გლიკოლის დიაცეტატი მზადდებოდა ი. გვერდწითლის მიერ აღწერილ პირობებში. ამისათვის გლიკოლისა და ძმარმჟავა ანჰიდრიდის გარკვეულ რაოდენობათა ნარევს, შეფარდებით 1:5, მცირეოდენი ძმარმჟავა ნატრიუმის თანაობით ვათავსებდით მრგვალძირა კოლბაში, რომელსაც მორგებული ჰქონდა უკუმაცივარი. კოლბა თავსდებოდა მდუღარე წყლის აბაზანაზე 10—12 საათს, დამახასიათებელი მუქი მოწითალო-მოყავისფრო შეფერადების წარმოქმნამდე. აცეტილირების პროდუქტი დამუშავებული იყო წყლით. ამის შემდეგ იგი ამოვაწვეთ ეთერით, გავრეცხეთ წყლით და გავაშრეთ გაუწყლოებულ Na_2SO_4-ზე. ეთერი დაცილებულ იქნა გამოხდით. ნაშთის ვაკუუმ-გამოხდით გამოყოფილია ფრაქცია დუღილის ტემპერატურით 132—133° 2—3 მმ წნევაზე, რომელიც მთლიანად დაკრისტალდა.

უკანასკნელის გადაკრისტალებით ეთილის სპირტიდან მიღებულია სრულიად სუფთა პროდუქტი, ლღ. ტ. 43—44°. ლიტერატურული მონაცემით 1,1′-ეთინილენბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატის ლღ. ტ. არის 44,5—45,5° [3]. დიაცეტატის აცეტილირების ხარისხი შემოწმებული იყო შესაპვნით 0,5 N-ის კალიუმის ტუტის სპირტხსნარით.

ნივთიერების წონაკი 0,1095 გ. შესაპვნაზე დაიხარჯა 1,5 მლ 0,5 N-ის კალიუმის ტუტის სპირტხსნარი. თეორიულად საჭიროა 1,575 მლ. ამ გზით მიღებული დიაცეტატი აცეტილენურ სამმაგ კავშირზე იძლევა დადებით რეაქციას.

ქვემოთ მოგვყავს შედეგები ერთ-ერთი იმ მრავალრიცხოვანი ცდებისა, რომლებიც შესრულებული იყო ჩვენ მიერ, 1,1'-ეთინილენბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატის კონდენსაციის რეაქციების ჩასატარებლად ბენზოლთან.

მორეაგირე ნივთიერებათა რაოდენობა

		მოლი	მოლარ. ფარდობა
დიაცეტატი	25 გ.	0,09	1
ბენზოლი	140 გ.	1,8	20
უწყლო $AlCl_3$	25 გ.	0,19	2

რეაქციას ვატარებდით შემდეგ პირობებში: მრგვალძირა სამყელიან კოლბაში, რომელიც აღჭურვილი იყო უკუმაცივრით, მექანიკური სარეველათი და თერმომეტრით, ვასხამდით 120 მლ ბენზოლს, ვათავსებდით 25 გ. უწყლო $AlCl_3$-ს და განუწყვეტლივ მორევისას წვეთობით ვუმატებდით 40 მლ ბენზოლში გახსნილ დიაცეტატს. კოლბას ვდგამდით ყინულით გაცივებულ წყლის აბაზანაში. დიაცეტატის დამატებისას სარეაქციო ნარევის ტემპერატურას ვარეგულირებდით 16—20°-ის ფარგლებში. ამის შემდეგ აბაზანას თანდათანობით ვათბობდით. როდესაც სარეაქციო მასის ტემპერატურა 40°-მდე ადიოდა, იწყებოდა HCl-ის საგრძნობი რაოდენობით გამოყოფა, რაც დაახლოებით 2—2,5 საათს გრძელდებოდა. HCl-ის გამოყოფის შესუსტებასთან ერთად ტემპერატურა თანდათანობით აგვყავდა 75—80°-მდე. ჩვენს პირობებში რეაქციის ხანგრძლივობა 3,5—4 საათს არ აღემატებოდა. წარმოქმნილი კომპლექსის ჩვეულებრივი გზით დამუშავებით მიღებულია 25,73 გ კონდენსატი, რომლის ვაკუუმგამოხდით გამოყოფილია სამი ფართო ფრაქცია.

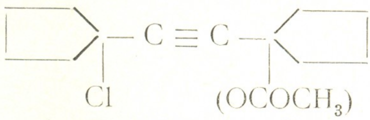
I ფრ. დუღ. ტ. 69—130°	1—1,5 მმ წნევაზე	4,5 გ	17%	კონდენსატის მიმართ
II ფრ. დუღ. ტ. 135—145°	1—1,5 მმ წნევაზე	4,2 გ	16%	
III ფრ. დუღ. ტ. 155—180°	1—1,5 მმ წნევაზე	4,8 გ	19%	

უკანასკნელი ფრაქციის გამოსავალი ცალკეულ ცდებში 25%-მდე აღწევდა. ამ ფრაქციის დაახლოებით 3/4 ნაწილი აცეტონით დამუშავებით კრისტალდება.

ფართო ფრაქციების მრავალჯერადი ვაკუუმგამოხდით მიღებულია:

I ფრაქცია—დუღ. ტ. 69—71° 1,5—2 მმ წნევაზე. იგი ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით: n_D^{20} 1,5000; d_4^{20} 1,0350. მოლეკულური წონა ნაპოვნია 191. აუფერულებს ბრომიან წყალს და პერმანგანატის სუსტ ტუტიან ხსნარს. არ შეიცავს კარბონილის ჯგუფს. ქლორზე იძლევა უარყოფით რეაქციას (კვალი). ელემენტური ანალიზის მიხედვით დაახლოებით 75% ნახშირბადსა და 9,5% წყალბადს შეიცავს. ჰიდრირებისას იერთებს ორ მოლამდე წყალბადს. ამ მონაცემების საფუძველზე ვფიქრობთ, რომ ფრაქცია, რომლის დუ-

ღილის ტემპერატურა 69—71° 1,5—2 მმ წნევაზე, წარმოადგენს ქვემოთ მოყვანილი ქლოროეთერიდან HCl-ის აგლეჯის პროდუქტს.



II ფრაქცია დუღილის t°-ით 113—115° 1—1,5 მმ წნევაზე (რომელიც მიიღება 10—12% გამოსავლით კონდენსატის მიმართ) ხასიათდება შემდეგი მონაცემებით n_D^{20} 1,5184, მყისიერად აუფერულებს ბრომიან წყალს და პერმანგანატის სუსტ ტუტე ხსნარს. სამმაგ კავშირზე არ იძლევა დადებით რეაქციას.

ნაპოვნია % Cl—13,65, 13,62

$C_{14}H_{19}O_2Cl$ გამოთვლილია % Cl—13,91.

უწყლო ქლორიანი ალუმინის ურთიერთმოქმედება 1,1'-ეთინილენბისციკლოპენტანოლის დიაცეტატთან

პატარა მრგვალძირა კოლაში მოთავსებულ 5,3 გ უწყლო $AlCl_3$-ს (0,04 მოლი) დაემატა 50 მლ დეარომატიზებული ლიგროინი. კოლის ენერგიული შენჯღრევის პირობებში მასვე 10 წუთის განმავლობაში ემატებოდა 11 გ დიაცეტატის და 30 მლ ლიგროინის ხსნარი (0,04 მოლი). დიაცეტატის მთლიანად დამატების შემდეგ კოლა ერთი საათის განმავლობაში ცხელდებოდა 70°-მდე წყლის აბაზანაზე. წარმოქმნილ კომპლექსს ვშლიდით შემჟავებული წყლით, ვაწზობდით ეთერით, ვრეცხდით წყლით და ვაშრობდით გაუწყლოებული Na_2SO_4-ით. ეთერის დაცილების შემდეგ დარჩენილი ნაშთის ორჯერადი ვაკუუმგამოხდით მიღებული ზემოაღნიშნული ფრაქცია, დუღილის ტ 113—117° 1—2 მმ წნევაზე, ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლით: n_D^{20} 1,5184.

ფრაქციის 113—115° 1—1,5 მმ წნევაზე პერმანგანატით დაჟანგვით გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია მჟაუნმჟავა და გლუტარის მჟავა.

მიღებულ გლუტარის მჟავას ლღობის ტემპერატურა მერყეობდა 95—96°-ის ფარგლებში (გადაკრისტალებული ქლოროფორმიდან). მისი სინთეზური გლუტარის მჟავასთან შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრამ შესამჩნევი დეპრესია არ გვიჩვენა. ორჯერადი სუბლიმაციის შედეგად მიღებული მჟაუნმჟავა ლღვება 101—102°-ზე. მისი შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრა სუფთა მჟაუნმჟავასთან აგრეთვე არ იძლევა დეპრესიას.

III ფრაქცია, დუღილის ტ 137—140° 1—2 მმ წნევაზე, ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით: n_D^{20} 1,5445, d_4^{20} 1,0814, მისი გამოსავალი კონდენსატის მიმართ საშუალოდ 16—20%-ს შეადგენს. იგი სწრაფად აუფერულებს ბრომიან წყალს და პერმანგანატის სუსტ ტუტე ხსნარს. სრულებით არ შეიცავს ქლორს და უარყოფით რეაქციას იძლევა კარბონილის ჯგუფზე. მოლეკულური წონა, ნაპოვნი კრიოსკოპული გზით (ნაფტალინში)—289; მოლეკულური წონა, ნაპოვნი კრიოსკოპული გზით (ბენზოლში)—294. მოლეკულური წონა, გამოთვლილი $C_{20}H_{24}O_2$-სათვის—296.

0,0360 გ ნივთიერების შესასაპნად დაიხარჯა—0,64 მლ 0,5 N კალიუმის ტუტის სპირტხსნარი.

$C_{20}H_{24}O_2$-სათვის თეორიულად საჭიროა 0,58 მლ.

0,076 გ ნივთიერების შესასაპვნად დაიხარჯა—0,52 მლ 0,5 N-ის კალიუმის ტუტის სპირტხსნარი.

$C_{20}H_{24}O_2$-სათვის თეორიულად საჭიროა 0,514 მლ.

ელემენტური შედგენილობის განსაზღვრა ფრაქციისათვის, დუღილის ტემპერატურით 137—140° 1—2 მმ წნევაზე, შემდეგ სურათს იძლევა:

ნაპოვნია % C 80,96, 80,7; H 8,97, 8,71

$C_{20}H_{24}O_2$ გამოთვლილია % C 81,08, H 8,44.

137—140° 1—2 მმ წნევაზე ფრაქციის ჰიდრირება

0,4273 გ ნივთიერებას ვხსნიდით 30 მლ უწყლო სპირტში, ვუმატებდით 0,2 გ პლატინის შავას და ვაჰიდრირებდით ნჯღრევის პირობებში. სულ შთაინთქა 66 მლ წყალბადი.

$p=723$ მმ, $t=28°C$, $v_0=56{,}89$ მლ.

$C_{20}H_{24}O_2$-სათვის თეორიულად საჭიროა 64,66 მლ. ამრიგად, ჰიდრირების შედეგი გვიჩვენებს, რომ ადგილი აქვს დაახლოებით ორ მოლამდე წყალბადის მიერთებას.

დუღ. ტ. 137—140° 1—2 მმ წნევაზე ფრაქციის დაჟანგვა ქრომის ანჰიდრიდით

0,5 გ ნივთიერებას, გახსნილს 25 მლ ყინულოვან ძმარმჟავაში, ნელი შეთბობისას თანდათანობით ვუმატებდით მცირე რაოდენობით 3 გ CrO_3-ს. ჟანგვა გრძელდებოდა 1 საათის განმავლობაში. ამის შემდეგ ნარევს წყლით ვაზავებდით და მრავალჯერ ვაწზობდით ეთერით. ეთერამონაწზობი გავრეცხეთ წყლით, გავაშრეთ გაუწყლულებული Na_2SO_4-ით და ეთერი გამოვხადეთ. კუ-ლა ნაშთთან ერთად მოვათავსეთ მადუღარ წყლის აბაზანაზე ძმარმჟავას მთლიანად დაცილებამდე. რამდენიმე ხნის შემდეგ ჭურჭლის კედელზე დასუბლიმირდა ნემსისებური თეთრი კრისტალები, ლღ. ტ. 119—120°. ამ ნივთიერების ბენზოის მჟავასთან შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრისას დეპრესიას ადგილი არ ჰქონია. უფრო მაღალ ტემპერატურაზე სუბლიმაციით (140°-მდე) და ხელმეორედ გადაკრისტალებით გამოყოფილი იყო თეთრი ნივთიერება, ლღ. ტ. 101—102°, რომლის შერეული სინჯის ლღ. ტ.-ის განსაზღვრამ სუფთა მჟაუნმჟავასთან დეპრესია არ გვიჩვენა.

ზემოაღნიშნული მონაცემების საფუძველზე და აგრეთვე იმ მონაცემების საფუძველზე, რომლის შედეგად, როგორც ამას ქვემოთ დავინახავთ, $C_{18}H_{20}$ ნახშირწყალბადის ჟანგვის პროდუქტებში იდენტიფიცირებული იყო გლუტარის მჟავა, ჩვენ ვთვლით, რომ ფრაქცია, დუღ. ტ. 137—140° 1—2 მმ წნევაზე, უპასუხებს ალიფატურ-არომატულ ეთერს [II]. მყარი მასა, რომელიც ჩვენ მიერ გამოყოფილია ფრაქციიდან, დუღ. ტ. 150—180° 1—1,5 მმ წნევაზე, ეთილის სპირტიდან სამჯერ გადაკრისტალების შემდეგ წარმოადგენს

თეთრ კრისტალურ ნივთიერებას—ლღ. ტ. 83—83,7°. დადგენილია, რომ ამ ნაერთის ცალკეულ ფრაქციების შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრა დეპრესიას არ იძლევა.

ელემენტარული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგი უპასუხებს $C_{18}H_{20}$ შედგენილობის ნახშირწყალბადს

ნაპოვნია % C 91,93; 91,85 H 8,45; 8,44

$C_{18}H_{20}$ გამოთვლილია % C 91,52, H 8,48

მოლეკულური წონის განსაზღვრა კრიოსკოპული გზით (ბენზოლში) შემდეგ სურათს იძლევა: ნაპოვნი მოლეკულური წონა—243,9; 240,8. მოლეკულური წონა, გამოთვლილი $C_{18}H_{20}$-ისათვის—236.

კრისტალური ნივთიერება, ლღ. ტ. 83—83,7, ჩვეულებრივ პირობებში ოთახის ტემპერატურაზე პლატინის კატალიზატორთან არ ჰიდრირდება. არ აუფერულებს ბრომიან წყალს და პერმანგანატის სუსტ ტუტე ხსნარს. პიკრინის მჟავასთან პიკრატს არ იძლევა. იმისდა მიხედვით, თუ რა პირობებში ხდება მისი დაჟანგვა—ქრომის ანჰიდრიდით თუ „ქრომოვანი ნარევით" ყინულოვან ძმარმჟავაში, სხვადასხვა სახის ჟანგვის პროდუქტები მიიღება.

I ც დ ა. კულაში ვათავსებდით 0,8 გ ნივთიერებას, გახსნილს 50 მლ ყინულოვან ძმარმჟავაში, და ოდნავი შეთბობისას თანდათანობით ვუმატებდით 1,5 გ CrO_3-ს. ენერგიული დაჟანგვის შემდეგ, რომელიც დაახლოებით 10 წუთს გრძელდებოდა, კულას ვათავსებდით მდუღარე წყლის აბაზანაზე და ვჟანგავდით კიდევ 30 წუთს. სარეაქციო მასა განვაზავეთ წყლით და მრავალჯერ ამოვაწვლილეთ ეთერით, ეთერამონაწვლილი გავრეცხეთ წყლით; გავაშრეთ გაუწყლოებული Na_2SO_4-ით და ძმარმჟავას ნარევი ეთერთან მთლიანად ავაორთქლეთ. ამ გზით მიღებული მყარი მასა დავამუშავეთ ნატრიუმის ტუტის 5%-ანი ხსნარით და ნეიტრალური ნივთიერება დავაცილეთ ეთერით. ნაშთის ორჯერ გადაკრისტალებით ეთილის სპირტიდან მიღებული იყო კრისტალური ნივთიერება, ლღ. ტ. 206—207°. იგი არ იხსნება არც ტუტეში და არც განზავებულ მჟავებში. კონცენტრირებული გოგირდმჟავას წვეთის დამატებით ღებულობს დამახასიათებელ მოწითალო-ყავისფერ შეფერვას. იმის გამო, რომ აღნიშნული ნივთიერება მცირე რაოდენობით იყო მიღებული, მისი უფრო დეტალურად დახასიათება არ მოხერხდა.

II ც დ ა. 1 გ კრისტალური ნივთიერება, ლღ. ტ. 83—83,7°, დაჟანგულ იქნა უფრო მკაცრ პირობებში 4 გ CrO_3-ით სამი საათის განმავლობაში. ამ შემთხვევაში ნატრიუმის მარილების შემჟავებული ხსნარიდან (ნეიტრალური ნივთიერების წინასწარი დაცილების შემდეგ) ჩვენ შევძელით მყარ კარბონმჟავათა ნარევის გამოყოფა. ამ ნარევის ქლოროფორმით მრავალჯერადი ჩარეცხვის შემდეგ მიღებულ იქნა მყარი მოყვითალო თეთრი ფერის კრისტალური მასა, რომელიც საფუძვლიანი გაშრობის შემდეგ ლღვებოდა 94—95°-ის ფარგლებში. ამ ნაერთის შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრამ სინთეზურ გლუტარის მჟავასთან გვიჩვენა უმნიშვნელო დეპრესია 94°-მდე.

იმავე ნივთიერების სხვა ნიმუშების ანალოგიურ პირობებში დაჟანგვით შევძელით სუბლიმატის სახით ბენზოის მჟავას გამოყოფა, ლღ. ტ. 116—119°. ამ ნივთიერების შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრამ ბენზოის მჟავასთან დეპრესია არ გვიჩვენა.

რაც შეეხება ორთო-ფტალის მჟავას, იგი, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იდენტიფიცირებული იყო ფლუორესცეინის რეაქციით.

1-აცეტოქსი-2-ფენილ-1,2-დიციკლოპენტილიდენეთანის ინტრამოლეკულური ციკლიზაცია

რეაქციას ვატარებდით ფრიდელისა და კრაფტსის სინთეზების ჩვეულებრივ პირობებში. ამისათვის სამ გრამ ნივთიერებას ვხსნიდით 50 მლ დეარომატიზებულ ლიგროინში, ვუმატებდით 1,5 გ უწყლო $AlCl_3$ (1 მოლი) და კულას თანდათანობით ვაცხელებდით 80—90°-მდე. HCl-ის გამოყოფა ცოტა ხანს გრძელდებოდა. წარმოქმნილი კომპლექსი დავშალეთ შემჟავებული წყლით და ჩვეულებრივად დავამუშავეთ. გამხსნელის დაცილების შემდეგ ნაშთი დავაფრაქციონირეთ. მიღებული ფრაქციები თხელ ფენებად მოვათავსეთ კრისტალიზატორზე. რამდენიმე წუთის შემდეგ შემჩნეულ იქნა კრისტალიზაციური ცენტრების წარმოქმნა, რომლებმაც რამდენიმე საათის შემდეგ მიკროსკოპში ადვილად შესამჩნევი სრულიად გარკვეული კრისტალური ფორმა მიიღო. მაგრამ მათი სუფთა სახით გამოყოფა ძნელად განსახორციელებელი ამოცანა აღმოჩნდა. ამ ამოცანის გადაჭრა მოხერხდა ალუმინის ჟანგით ავსებულ სვეტში სათანადოდ მომზადებული პეტროლეინის ეთერის ხსნარების გატარების და ქრომატოგრაფიის გზით.

ამ გზით გამოყოფილი იყო საკმაოდ სუფთა პროდუქტი (ლღ. ტ. 82—82,5°). მის სუფთა კრისტალურ ნივთიერებასთან (ლღ. ტ. 83—83,7°) შერეული სინჯის ლღობის ტემპერატურის განსაზღვრამ დეპრესია არ გვიჩვენა.

ანალოგიური შედეგები მიღებული იყო აგრეთვე აღნიშნული რეაქციის ჩატარებისას გოგირდნახშირბადის არეში.

ამ მონაცემების საფუძველზე ჩვენ ვასკვნით, რომ ინტრამოლეკულური ციკლიზაციის პროდუქტიც $C_{18}H_{20}$ შედგენილობის კრისტალურ ნახშირწყალბადს წარმოადგენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
პ. მელიქიშვილის სახელობის
ქიმიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.10.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Р. М. Лагидзе и чл.-корр. АН СССР А. Д. Петров. Об алкилировании бензола диацетатом 1,4-бутиндиола в присутствии $AlCl_3$ ДАН СССР, 83, 1952, 235.
2. P. S. Pinkney and C. S. Marvel. Fused ring systems from dieneynes. VI. Some limitations of the cyclization reaction. J. Am. chem. Soc. 59, 1937, 2668.
3. Ю. С. Залькинд и И. М. Гвердцители. О присоединении водорода к ацетиленовым производным. ЖОХ, 1939, 855.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 3, 1955

ქიმია

ლ. მელიქაძე და ნ. ბექაური

მინერალური ზეთის დესტილაცია ზედაპირული აორთქლების პირობებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 19.10.1954)

ჩვეულებრივ, ნახშირწყალბადთა ნარევში შემადგენელ კომპონენტთა განაწილების გამომხატველია ნარევის გამოხდით მიღებულ ვიწრო ფრაქციათა რეფრაქციის მაჩვენებლის ცვლილება. ეს მდგომარეობა განსაკუთრებით ნათლად მაშინ გამოიხატება, როდესაც ნარევის შემადგენელი კომპონენტების რიცხვი მცირეა და რეფრაქციის მაჩვენებლებით ისინი საგრძნობლად განსხვავდებიან. აღნიშნული გარემოება ამჟამად გამოყენებას პოულობს ბენზინის ფრაქციათა შესწავლისას.

მაღალმოლეკულური ზეთის ფრაქციების შემთხვევაში ეს შესაძლებლობა განსაზღვრულია, ვინაიდან ურთიერთმსგავსი დუღილის ტემპერატურისა და რეფრაქციის მაჩვენებლის მქონე მრავალი ნახშირწყალბადის იზომერების შემცველობის გამო ფრაქციათა მრუდი არ გამოხატავს რეფრაქციის მაჩვენებელთა მკვეთრ განსხვავებას. ჩვეულებრივ, ზეთის ფრაქციებში გამოხდის ტემპერატურის ან მოლეკულური წონის ზრდის მიხედვით ადგილი აქვს რეფრაქციის მაჩვენებლის ზრდასაც.

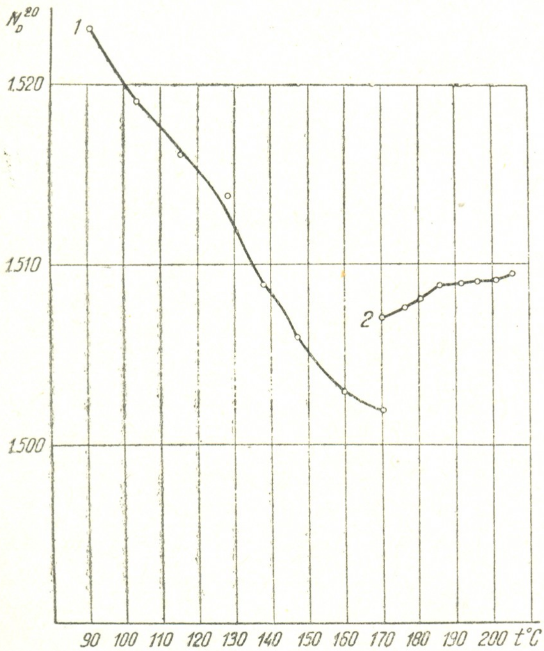
ამის საწინააღმდეგო დამოკიდებულება ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა ზედაპირული აორთქლების პირობებში დესტილაციით მიღებული ვიწრო ფრაქციების რეფრაქციის მაჩვენებლის შესწავლით. ზედაპირული აორთქლებით მიღებული ზეთის ვიწრო ფრაქციათა რეფრაქციის მაჩვენებელი აორთქლების ტემპერატურის ზრდის მიხედვით კი არ იზრდება, როგორც ეს ცნობილია ჩვეულებრივ გამოხდის პირობებში, არამედ მკვეთრად მცირდება და, ამრიგად, საწინააღმდეგო დამოკიდებულებას გვიჩვენებს.

ნახაზზე მოცემულია მირზაანის ნავთობის ზეთის ფართო ფრაქციიდან (400—450°) ვაკუუმდესტილაციითა და ზედაპირული აორთქლებით მიღებულ ვიწრო ფრაქციათა რეფრაქციის მაჩვენებლის ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების მრუდები (იხ. ნახ. 1). ორივე შემთხვევაში დესტილაცია წარმოებდა 1 მმ სინდიყის სვეტის წნევის დროს. გამოსავალი ფრაქციის რეფრაქციის მაჩვენებელი = 1.5080.

ზედაპირული აორთქლებით მიღებულ ფრაქციებში დადგენილი სპეციფიკური ფაქტის კანონზომიერება ჩვენ მიერ დადასტურებული იყო სხვა ნავთობების ზეთის ფრაქციებზედაც.

აღნიშნული სპეციფიკური კანონზომიერების ახსნა მხოლოდ იმით შეიძლება, თუ დავუშვებთ, რომ ზედაპირული აორთქლების პირობებში ზეთის ფრაქციიდან უპირველესად აორთქლდება ის ნახშირწყალბადები, რომელთაც ახასიათებს რეფრაქციის მაჩვენებლის მაქსიმალური მნიშვნელობა. ასეთები ზეთის ფრაქციებში, როგორც ცნობილია, შეიძლება იყოს მცირედ განშტოებული პოლიციკლური არომატული რიგის ნახშირწყალბადები.

არა გვაქვს საფუძველი ვიფიქროთ, რომ გამოსავალი ზეთის შედარებით დაბალმოლეკულიანი ნაწილი (რომელსაც უნდა ახასიათებდეს შედარებით მაღალი ორთქლის წნევაც) შეიძლება ხასიათდებოდეს მაღალი რეფრაქციის მაჩვენებლით. ვაკუუმდესტილაციით მიღებული ვიწრო ფრაქციებისათვის რეფრაქციის მაჩვენებელთა ცვლილება სრულებით გამორიცხავს ამის შესაძლებლობას (იხ. ნახ. 1).



ნახ. 1. ნორიოს ნავთობის ზეთის ფრაქციის ზედაპირული აორთქლებისა და ვაკუუმგამოხდის მრუდები: I—ზედაპირული აორთქლება; II—ვაკუუმგამოხდა

კვლევისათვის გამოყენებული ექსპერიმენტული დანადგარი პრინციპულად არ განსხვავდება პერიოდულად მოქმედ მოლეკულური დესტილაციის მოწყობილობისაგან [1]. იგი შედგება ფოლადის ბრტყელძირიანი ცილინდრული ჭურჭლისაგან (დიამეტრი 20 სმ), რომელსაც ზედ მიხეხილი აქვს მინის სფერული ხუფი (იხ. ნახ. 2). ამრიგად, სისტემა ჰერმეტულად არის დაცული.

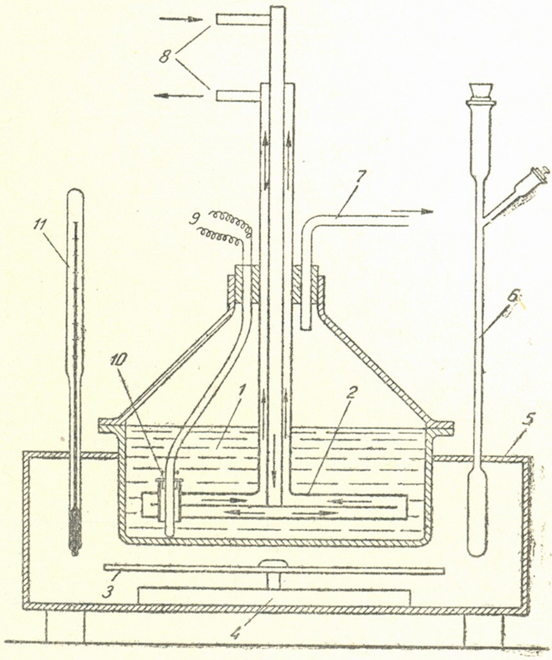
ფოლადის ჭურჭელი მოთავსებულია ჰაერის თერმოსტატში, რომელსაც დართული აქვს ელმახურებელი, თერმორეგულატორი და თერმომეტრი. გამოსაკვლევი ნივთიერება თავსდება ფოლადის ჭურჭელში.

სფერულ მინის ხუფში სითხის ზედაპირის პარალელურად თითბრის მილის საშუალებით დამაგრებულია თითბრის კონდენსატორი, რომელიც ამავე დროს კონდენსირებული ფრაქციების დამჭერის როლსაც ასრულებს. კონდენსატორში თითბრის მილის საშუალებით ხდება გამაცივებელი სითხის ცირკულაცია და ამით კონდენსატორის გაციება. სისტემა შეერთებულია ვაკუუმტუმბოსთან და სინდიყის ვაკუუმმეტრთან. დანადგარის კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ნებისმიერად ვცვალოთ მანძილი კონდენსატორსა და სითხის (აორთქლების) ზედაპირს შორის. დანადგარში საკვლევი სითხის შრეში ტემ-

პერატურის გასაზომად მოწყობილია თერმოელექტრული, რკინა-კონსტანტანის წყვილებისაგან შემდგარი ბატარეა.

დანადგარის მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: სითხის შრეში, თერმორეგულატორის საშუალებით, გარკვეული ტემპერატურის დამყარების შემდეგ ვურთავთ ვაკუუმტუმბოს, რომლის სიმძლავრე სისტემის სწრაფი ევაკუირების (0,5 მმ სინდ. სვეტის ნარჩენ წნევამდე) საშუალებას იძლევა. ასეთ პირობებში სითხის ზედაპირიდან აორთქლებული ნახშირწყალბადები კონდენსატორის ზედაპირთან შეხებისთანავე კონდენსირდება და თხელი შრის სახით იყინება.

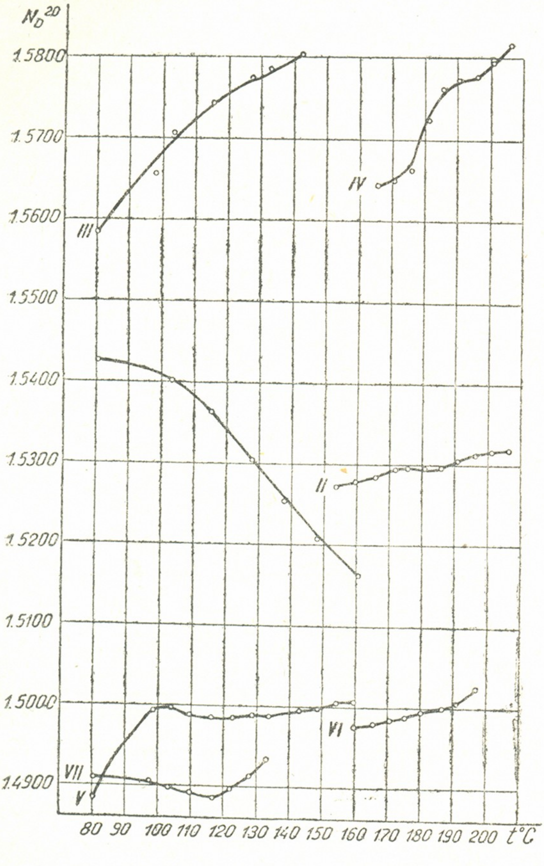
ვინაიდან პროცესი ისეთ დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, რომ არსებულ ვაკუუმის პირობებში სითხის დუღილს ადგილი არა აქვს, ამისათვის, ბუნებრივია, აორთქლება მხოლოდ სითხის ზედაპირიდან ხდება. გარკვეული დროის შემდეგ კონდენსატორის ზედაპირზე გამოყოფილი დესტილატის აღებისათვის ვაკუუმტუმბოს ვაჩერებთ, სისტემაში ვუშვებთ ჰაერს, ვხსნით მინის ხუფს და მასზე დამაგრებული კონდენსატორიდან სპეციალური ალუმინის შპატელით ვიღებთ თხელი შრის სახით გამყარებულ ზეთის ფრაქციას. კონდენსატორის გასუფთავების შემდეგ სისტემას ძველებურად ვაწყობთ და სითხეში სათანადო ტემპერატურის დამყარების შემდეგ ვიწყებთ ახალი ფრაქციის დაგროვებას. ანალოგიურად ხდება შემდეგი თანმიმდევრო ფრაქციების მიღებაც.



ნახ. 2. ზედაპირული დესტილაციის დანადგარის სქემა: 1—ექსიკატორი; 2—კონდენსატორი; 3—ეკრანი; 4—ელმახურებელი; 5—თერმოსტატი; 6—თერმორეგულატორი; 7—გამწოვი მილი; 8—მაციებელი სითხის საცირკულაციო მილები; 9—შეერთება გალვანომეტრთან; 10—თერმოწყვილი; 11—თერმომეტრი

ზედაპირული აორთქლებით მიღებული ვიწრო ფრაქციებისათვის მრუდის აღნიშნული თავისებურების გარკვევისათვის შესწავლილ იქნა ნორიოს ნავთობის ზეთის ფრაქცია და მისგან გამოყოფილი პარაფინული, ნავთენური და არომატული რიგის ნახშირწყალბადები. პარალელურად შესწავლილია ამავე ობიექტების ვაკუუმდესტილაციით მიღებული ვიწრო ფრაქციებიც.

მიღებული მონაცემები მრუდების სახით გამოხატულია ნახ. 3-ზე. არომატული რიგის ნახშირწყალბადები გამოყოფილია სელექციური გამხსნელით (ანალინით), პარაფინული—გამოყინვით, ნავთენური კი მიღებულია ნარჩენის სახით, ფრაქციიდან პარაფინულ და არომატულ ნახშირწყალბადთა დაცილების შემდეგ.



ნახ. 3. გამოსავალი ზეთისა და მასში შემავალი არომატიკის, ნავთენებისა და პარაფინების მრუდები: I—გამოსავალი ფრაქციის დესტილაცია ზედაპირული აორთქლებით; II—გამოსავალი ფრაქციის ვაკუუმგამოხდა; III—გამოსავალი ფრაქციიდან გამოყოფილი არომატიკის დესტილაცია ზედაპირული აორთქლებით; IV—გამოსავალი ფრაქციიდან გამოყოფილი არომატიკის ვაკუუმგამოხდა; V—გამოსავალი ფრაქციიდან გამოყოფილი ნავთენების დესტილაცია ზედაპირული აორთქლებით; VI—გამოსავალი ფრაქციიდან გამოყოფილი ნავთენების ვაკუუმგამოხდა; VII—გამოსავალი ფრაქციიდან გამოყოფილი პარაფინების დესტილაცია ზედაპირული აორთქლებით

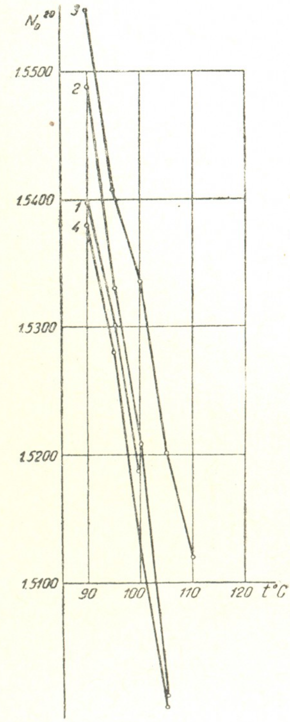
მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ შესწავლილი პარაფინული, ნავთენური და არომატული ნახშირწყალბადების ვიწრო ფრაქციებს (მიღებულს როგორც ზედაპირული აორთქლებით, ისე ჩვეულებრივი ვაკუუმდესტილაციით) ახასიათებს N_D—t-ს პრინციპულად მსგავსი დამოკიდებულება—კერძოდ, ორივე პირობებში მიღებულ ვიწრო ფრაქციათა რეფრაქციის მაჩვენებლის ზრდა დესტილაციის ტემპერატურის ზრდის მიხედვით.

ამ მხრივ გამოსავალი ნორიოს ზეთის ფრაქცია, რომელიც აღნიშნული რიგის ნახშირწყალბადთა ნარევს წარმოადგენს, რეფრაქციის პრინციპულად განსხვავებულ სურათს იძლევა. ზედაპირული აორთქლებით მიღებულ თანმიმდევნო ფრაქციების მაჩვენებელი კი არ იზრდება, არამედ მკვეთრად შემცირების ტენდენციას განიცდის. აღნიშნულის გამო შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ეს სპეციფიკური დამოკიდებულება დაკავშირებულია სისტემის თავისებურებასთან—ნარევებთან.

შემდეგ ეს მდგომარეობა შემოწმებულ იქნა ხელოვნურად დამზადებულ ნარევებზეც. ხელოვნური ნარევები მზადდებოდა სათანადო ზეთის ვიწრო ფრაქციებიდან გამოყოფილი არომატული და პარაფინული რიგის ნახშირწყალბადებისაგან.

არომატული რიგის ნახშირწყალბადები გამოყოფილი იყო ზეთის ფრაქციიდან სელექციური გამხსნელით (ანილინით), პარაფინული ნახშირწყალბადები კი იმავე ტემპერატურის ინტერვალებში მიღებულ ილდოკანის ნავთობის ზეთის ფრაქციიდან შარდოვანის კომპლექსნაერთების სახით [2].

ამრიგად, მიღებული ნახშირწყალბადები მეორედ გამოხადა ვაკუუმში ვიწრო 5°-იან ფრაქციებად. ხელოვნური ნარევისათვის გამოყენებული იყო ერთი და იმავე ტემპერატურის ინტერვალებში გამოხდილი ვიწრო ფრაქციები (იხ. ნახ. 4). ხელოვნური ნარევების დახასიათება მოცემულია პირველ ცხრილში.



ნახ. 4. ხელოვნური ნარევების ზედაპირული აორთქლების მრუდები (განმარტება იხილეთ პირველ ცხრილში)

ნახაზზე მოცემული მრუდების ხასიათი სავსებით ადასტურებს ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებას.

სხვადასხვა მოლეკულური წონის ზეთის ფრაქციებიდან ზედაპირული აორთქლებით მიღებული დესტილატების შესწავლით დადგენილ იქნა, რომ აღნიშნულ სპეციფიკურ კანონზომიერებას ჩვენს პირობებში ადგილი აქვს მხოლოდ შედარებით მაღალი მოლეკულური ფრაქციების შემთხვევაში (იხ. ნახ. 5 და 6).

განხილული ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე ზეთის ფრაქციების ზედაპირული აორთქლების პროცესი შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ.

ცნობილია, რომ სითხის (ნარევის) დუღილის დროს ორთქლის შედგენილობა განისაზღვრება სითხის შედგენილობით და შემადგენელი კომპონენტების ორთქლის დრეკადობით. ვინაიდან დუღილის დროს ადგილი აქვს სითხის მთელი მასის ინტენსიურ არევას, ამიტომ სითხის ზედაპირული და მოცულობითი შედგენილობა ერთნაირი უნდა იყოს. ასეთ პირობებში წარმოქმნილი ორთქლის შემადგენლობაც სითხის ზედაპირული ან, რაც ამ შემთხვევაში იგივეა, მოცულობითი შედგენილობით განისაზღვრება.

ჩვეულებრივად, ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი ვაკუუმდესტილაციის დროსაც, როდესაც თანმიმდევნოდ მიღებული ზეთის ვიწრო ფრაქციები წარმოადგენენ ნახშირწყალბადთა ნარევს, ზრდადი დუღილის ტემპერატურით, მოლეკულური წონითა და რეფრაქციის მაჩვენებლით. ამის გამო ბუნებრივია ვაკუუმდესტილაციით თანმიმდევნოდ მიღებულ ვიწრო ფრაქციებში რეფრაქციის მაჩვენებლის ზრდის ტენდენცია [3].

ზედაპირული აორთქლების პირობებში სითხის ზედაპირზე მიღებული ორთქლიც სითხის ზედაპირული აპკის შედგენილობას უნდა შეესაბამებოდეს,

მაგრამ ამ შემთხვევაში სითხის ზედაპირული შედგენილობა შეიძლება საგრძნობლად განსხვავებულ იქნეს სითხის მოცულობითი შედგენილობისაგან უკანასკნელში ზედაპირული აქტიურობის თვალთახედვით განსხვავებული კომპონენტების შემცველობის გამო.

ცხრილი 1

ხელოვნური ნარევის დახასიათება

მრუდის მაჩვენებელი მე-4 ნახაზზე	ნარევის შემადგენელი კომპონენტები		ხელოვნური ნარევების შემადგენლობა			ზედაპირული აორთქლებით მიღებული ვიწრო ფრაქციების დახასიათება N_D^{20}				
	პარაფინული ნახშირწყალბადი N_D^{20}	არომატული ნახშირწყალბადი N_D^{20}	ნარევის N_D^{20}	პარაფინების რაოდენობა %%-ით	არომატიკის რაოდენობა %%-ით	90°	95°	100°	105°	110°
1	1,4902	1,5655	1,5310	45,82	54,18	1,5398	1,5301	1,5185	—	—
2	1,4888	1,5728	1,5351	44,88	55,12	1,5486	1,5228	1,5208	1,5080	—
3	1,4883	1,5740	1,5340	46,67	55,33	1,5562	1,5406	1,5335	1,5200	1,512[illegible]
4	1,4910	1,5770	1,5120	75,58	24,44	1,5380	1,5280	1,5125	1,5030	—

ზედაპირული აპკისა და ზედაპირულად აქტიური კომპონენტების გავლენა აორთქლების ხასიათსა და სიჩქარეზე. სხვადასხვა სისტემებისათვის ნაჩვენები იყო ჯერ კიდევ ადრეულ შრომებში [4,5].

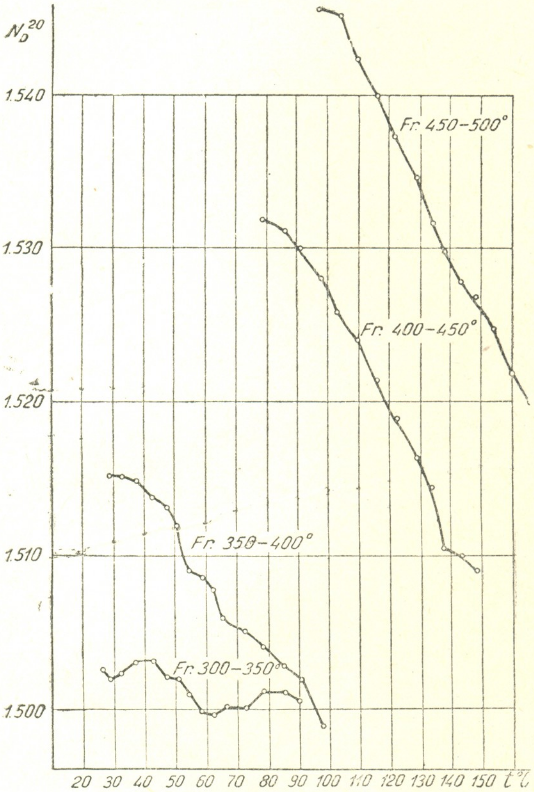
ნავთობის ზეთის ფრაქციებში შემავალ ნახშირწყალბადებს შორის არომატული რიგის ნაერთებს შედარებით მაღალი ზედაპირული აქტიურობა ახასიათებს, რის გამოც ისინი ქრომატოგრაფიის ადსორბციულ რიგში ნახშირწყალბადთა შორის პირველ ადგილს იკავებენ [6].

აღნიშნული გარემოება იმ შესაძლებლობაზე მიგვითითებს, რომ ზეთის ზედაპირული აპკი, რომელიც ზედაპირული აორთქლების პირობებში განსაზღვრავს ორთქლის ფაზის შედგენილობას, უფრო მეტად იქნება გაჯერებული ზედაპირულად აქტიური კომპონენტებით (პოლიციკლური არომატული რიგის ნახშირწყალბადებით), ვიდრე ნაკლებად აქტიური პარაფინული და ნავთენური ნახშირწყალბადებით.

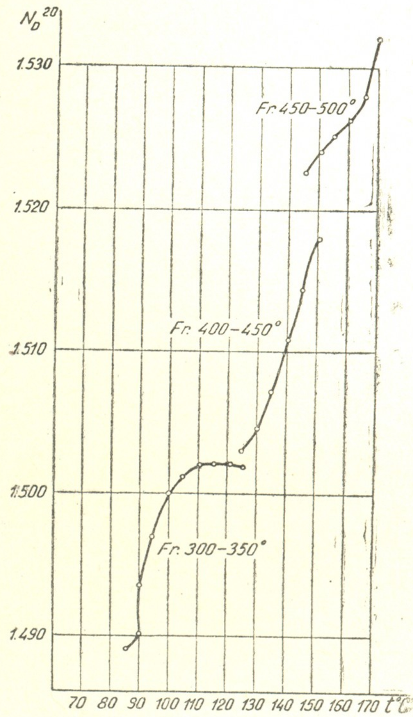
ცნობილია, რომ ზეთის ნახშირწყალბადთა შორის პოლიციკლურ არომატულ ნაწილს ახასიათებს რეფრაქციის მაჩვენებლის მაქსიმალური მნიშვნელობა. ბუნებრივია, რომ ზედაპირული აორთქლებით მიღებული პირველი ვიწრო ფრაქციები, რომელნიც პოლიციკლურ არომატულ ნახშირწყალბადთა მაქსიმალურ რაოდენობას შეიცავენ, შედარებით მაღალი რეფრაქციის მაჩვენებლით უნდა ხასიათდებოდეს. შემდეგ ზეთში და შესაფერისად ზეთის ზედაპირულ აპკში არომატულ ნახშირწყალბადთა აქტიური სტრუქტურული ფორმების შემცირების გამო ორთქლის ფაზაში არომატულ ნახშირწყალბადთა კონცენტრაცია კლებულობს და ამის შესაბამისად დესტილატთა რეფრაქციის მაჩვენებელიც მცირდება.

ამრიგად, მინერალური ზეთების ზედაპირული აორთქლების პირობებში ადგილი აქვს ნახშირწყალბადთა ზედაპირული თვისებების გამოვლინებას.

ნავთობის მაღალმოლეკულურ ნახშირწყალბადთა შესწავლისათვის აღნიშნულ მოვლენას შეიძლება მიეცეს აგრეთვე გარკვეული მეთოდური გამოყენება როგორც ნახშირწყალბადთა ნარევის ხასიათის შეფასების მხრივ, ასევე მისი დაყოფისათვის შემდგომი კვლევის გაადვილების მიზნით.



ნახ. 5. ზეთის ფრაქციების ზედაპირული აორთქლების მრუდები



ნახ. 6. ზეთის ფრაქციების ვაკუუმ-გამოხდის მრუდები

ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი შეიქნა ნორიოს ნავთობის მაღალმოლეკულური არომატული ნახშირწყალბადებიდან უცნობი, კრისტალური კომპონენტების გამოყოფა, რომლებსაც მეტისმეტად საინტერესო ფიზიკური და ქიმიური თვისებები ახასიათებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
პ. მელიქიშვილის სახელობის
ქიმიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.10.1954)

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ

1. Н. М. Жаворонков и В. А. Мамосов. Молекулярная дистилляция. «Хим. пром.» 11, 1950, стр. 29; 12, 1950, стр. 20.
2. Л. М. Розенберг и И. С. Генех. К вопросу о выделении парафиновых углеводородов с помощью мочевины. ДАН СССР, LXXXIV, № 3, 1952, стр. 523.
3. Химический состав нефти и нефтяных продуктов. Труды Научно-исследовательского института Грознефти, 1935.
4. М. Баранаев. Кинетика испарения. «Усп. Хим». VII, 6, 1938, стр. 1231.
5. K. C. D. Hickman. Surface behavior in the pot still. Iad. Eng. Chem. 44, 8, 1952, 1892.
6. Н. А. Фукс. Реакция и методы исследования органических соединений. Метод Цвета в органической химии. т. I, 1951.

ენერგეტიკა

დ. ნებიერიძე

შახტიან- და დოლისებურწისქვილებიან საცეცხლეებში ტყიბულის ქვანახშირის დაწვის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. გედევანიშვილმა 18.6.1954)

ტყიბულის ქვანახშირი, რომელიც უკანასკნელ ხანებამდე მხოლოდ ფენური წვის საცეცხლეებში პოულობდა გამოყენებას, ამჟამად ფართოდ ვრცელდება როგორც დაფქვილი სათბობი შახტიან- და დოლისებურწისქვილებიანი ქვაბდანადგარებისათვის [1].

ცნობილია [2,3], რომ შახტიან წისქვილებს თავდაპირველად უმთავრესად ფრეზული ტორფისა და მურა ნახშირის დასაფქვავად იყენებდნენ, ისიც შედარებით მცირემწარმოებლიან ქვაბდანადგარებისათვის. მაგრამ შემდგომ დაიწყეს ამ წისქვილების გამოყენება ქვაბდანადგარებისათვისაც, რომელთა მწარმოებლობა 230 $\frac{\text{ტონა}}{\text{საათ.}}$-ს აღწევს და რომელნიც მუშაობენ არა მარტო მურა ნახშირით, არამედ შედარებით რბილი, აქროლადების დიდი რაოდენობის შემცველი ($V_г = 30\%$) გაზიანი ქვანახშირებითაც.

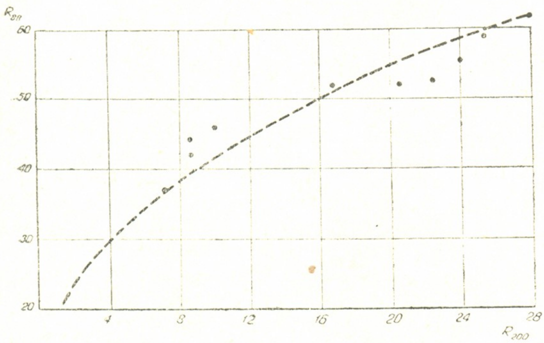
ამ სტატიაში მოცემულია წვის მექანიკური არასრულობით გამოწვეული დანაკარგებისა და სათბობის დაფქვაზე დახარჯული ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯების მნიშვნელობანი, რომელნიც ახასიათებენ შახტიან- და დოლისებურწისქვილებიან ეკრანიან საცეცხლეებში ტყიბულის ნახშირის დაწვის ეფექტიანობას. ამ მონაცემების განხილვის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნები ხსენებულ წისქვილებში ტყიბულის ნახშირის დაფქვის ოპტიმალური სიმსხვილის შესახებ.

ხსენებული მონაცემების მიღების მიზნით ჩვენ ჩავატარეთ ორი ქვაბდანადგარის თბოტექნიკური გამოცდა, რომელთაგან ერთს ჰქონდა დოლისებურწისქვილებიანი საცეცხლე, ხოლო მეორეს შახტიანწისქვილებიანი საცეცხლე. აქ მოგვყავს ხსენებული ქვაბდანადგარების მოკლე დახასიათება.

შახტიანწისქვილებიანი საცეცხლე აქვს ТП—150—1 ტიპის ქვაბს, რომლის მაქსიმალური საპროექტო მწარმოებლობა 150 $\frac{\text{ტონა}}{\text{საათ.}}$-ს შეადგენს. ამ ქვაბის საცეცხლე კამერის ყველა კედელი დაეკრანებულია გლუვი მილებით. გარდა ამისა, კამერას აქვს ცივი სანაცრე ძაბრი. კამერაში ჰაერნაფქვის მისაწოდებელი ამბრაზურები განლაგებულია საცეცხლე კამერის ფრონტალურ კედელში. საქშენები მეორეული ჰაერისათვის განლაგებულია როგორც ამბრაზურებს ზემოთ, ისე მათ ქვემოთ; საქშენების დახრის კუთხე 30°-ს შეადგენს.

სათბობი იფქვება სამ შახტიან წისქვილში, რომელთა ტიპი და ზომაა 1660/2004. ეს წისქვილები საცეცხლე კამერას უერთდებიან ვერტიკალური საგრავიტაციო შახტებით. პროექტის თანახმად, ხსენებული ქვაბდანადგარისათვის სათბობად მიღებულია ტყიბულის გაზიანი ნახშირის გამდიდრების ნარჩენები, რომელთათვისაც $Q_H^p = 3078 \frac{კკალ}{კგ}$, $W_p = 12\%$ და $K_{ло} = 1{,}4$. საცეცხლე კამერის მოცულობა შეადგენს 780 $მ^3$-ს. ქვაბს აქვს წყლის ეკონომაიზერი და ჰაერშემათბობელი.

დოლისებურ წისქვილებში დაფქვილი სათბობი იწვება „სტირლინგის" ტიპის სამდოლიანი ქვაბის საცეცხლეში. ამ ქვაბის მაქსიმალური მწარმოებლობა 110 $\frac{ტონა}{საათ.}$-ს შეადგენს; ჰაერნაფქვის მიწოდება ხსენებულ საცეცხლეში, რომლის მოცულობა 500 $მ^3$-ს შეადგენს, ხორციელდება ფრონტალურად განლაგებული ფრქვევანების საშუალებით. კამერის ყველა კედელი დაცულია გლუვმილებიანი ეკრანებით; ამ კამერასაც, ისევე როგორც ზემოთ განხილულს, აქვს ცივი სანაცრე ძაბრი.



ნახ. 1. დამოკიდებულება სრულ ნარჩენებს შორის საცრებზე 88μ და 200μ (წყვეტილი ხაზი—საკავშირო თბოტექნიკური ინსტიტუტის მონაცემების მიხედვით; წერტილები—ავტორის მიერ შახტიან წისქვილებზე ჩატარებული ცდების მონაცემები)

სათბობად ამ ქვაბდანადგარისათვის პროექტით გათვალისწინებულია გამდიდრების ნარჩენები, რომელთა დახასიათება ზემოთ იყო მოცემული.

სათბობი იფქვება ორ წისქვილში, რომელთა დოლის დიამეტრი 2540 მმ-ია, სიგრძე კი 3998 მმ. დაფქვის სისტემის სქემა ინდივიდუალური, შეკრული და შუალედბუნკერიანია. ყოველი წისქვილისათვის გათვალისწინებულია საკუთარი საწისქვილე ვენტილატორი. ვინაიდან ამ ქვაბს, ისევე როგორც ზემოთ განხილულს, აქვს წყლის ეკონომაიზერი და ჰაერშემათბობელი, გამომავალი აირების ტემპერატურები ორივე ქვაბისათვის პრაქტიკულად ერთი და იგივეა.

თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ ორივე ქვაბაგრეგატი ერთსა და იმავე ელექტროსადგურზეა და მათ ერთი და იგივე საექსპლოატაციო პერსონალი უწევს მომსახურებას, დავინახავთ, რომ ჩატარებული თბოტექნიკური გამოცდების შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე განხილული ტიპის საცეცხლეებში ტყიბულის ნახშირის დაწვის ეფექტიანობის ურთიერთშედარებისათვისაც.

ქვაბდანადგარების მარგი ქმედების კოეფიციენტების განსასაზღვრავად გამოყენებულ იქნა შებრუნებული ბალანსის მეთოდი. დაუწვავი ნახშირბადის

შემცველობა წიდასა, კვამლსადენებში დალექილ ნაცარსა და განატაც ნაცარში ცალ-ცალკე ისაზღვრებოდა. ნაცრის ბალანსის ხსენებული კომპონენტების ხვედრითი ოდენობანი მიღებულ იქნა სსრ კავშირის ელექტროსადგურების სამინისტროს სათანადო ინსტრუქციის [4] თანახმად; ამასთან დაკავშირებით გათვალისწინებულ იქნა, რომ ტყიბულის ნახშირი მეტად ძნელდნობადი ნაცრების კატეგორიას მიეკუთვნება [5].

ნაცრისა და წიდის სინჯების აღება და ნახშირბადის შემცველობის განსაზღვრა ამ ოპერაციების შესრულებისათვის დადგენილი წესების მიხედვით მიმდინარეობდა [6]. კერძოდ განატაცი ნაცრის სინჯების ასაღებად გამოყენებული იყო ორგრესის ტიპის ციკლონები, რომლებიც მიერთებული იყო კვამლმწოვიდან წვის პროდუქტების გამოსვლის ადგილთან. საცეცხლე კამერაში ტემპერატურათა განაწილების კონტროლი ხორციელდებოდა ოპპირ—9 ტიპის ნაწილობრივი გამოსხივების პირომეტრით.

დოლისებურწისქვილებიან ქვაბზე დაფქვილი სათბობის სინჯებს შუალედი ბუნკერიდან ვიღებდით. შედარებით უფრო რთულ ამოცანას შეადგენდა სინჯების აღება შახტიანწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატის შემთხვევაში. იმის გამო, რომ სამრეწველო ექსპლოატაციის პირობებში ქვაბის საცეცხლე კამერის ამბრაზურის განივკვეთის ზომფასების ჩატარება [2] ძნელი აღმოჩნდა. გადავწყვიტეთ სინჯები აგვეღო ხსენებული განივკვეთის ორ (ზედა და ქვედა) წერტილში. სინჯების აღება ხორციელდებოდა ორგრესის სისტემის ციკლონებთან მიერთებული ალნერის მილების საშუალებით. ნაფქვის გამომწოვი სისტემის წინაღობის გადასალახავად ჰაერის ეჟექტორი გამოვიყენეთ.

ნახ. 1-დან ჩანს, რომ, ხსენებული გამარტივების მიუხედავად, შახტიან წისქვილებში მიღებული ნაფქვის სიმსხვილის დახასიათება, რომელიც დადგენილ იქნა ჩვენი ცდების დროს, დამაკმაყოფილებლად უთანხმდება საკავშირო თბოტექნიკური ინსტიტუტის სათანადო მონაცემებს [2].

წვის პროდუქტების სინჯებს აირების ანალიზისათვის ეჟექტორით ვიღებდით განუწყვეტლივ, მთელი ცდის განმავლობაში. ამ სინჯების აღება ხდებოდა როგორც ქვაბს შემდეგ, ისე ჰაერშემათბობელს შემდეგ, ქვაბაგრეგატის ორივე მხრიდან.

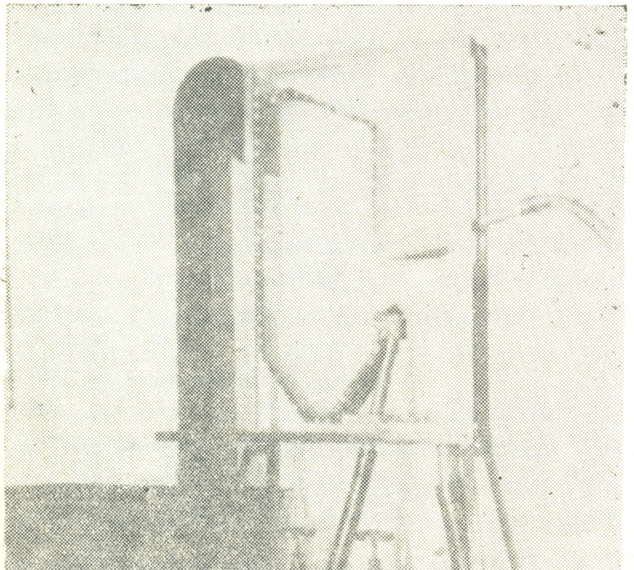
ცდების დაწყებამდე, წვის პროცესის გამართვისას აღმოჩნდა, რომ შახტიანწისქვილებიან საცეცხლეში წვის პროცესის მიმდინარეობას რიგი არანორმალობა ახასიათებს. ქვედა საქშენებიდან მეორეული ჰაერის ინტენსიური მიწოდება იწვევდა გადახურების ტემპერატურის აწევას, ამცირებდა წვის პროცესის მდგრადობას და ხელს უწყობდა დაუწვავი ნახშირბადის შემცველობის ზრდას წიდაში და კვამლსადენებში დალექილსა და განატაც ნაცარში. გარდა ამისა, მუშაობის ზოგიერთი რეჟიმის დროს ჩირაღდანი ინტენსიურ დარტყმას ახდენდა საცეცხლის უკანა კედელზე. მეორე მხრივ, შესამჩნევი იყო, რომ ჰაერის გაძლიერებული მიწოდება საცეცხლე კამერაში ზედა საქშენებიდან კარგ გავლენას ახდენდა წვის პროცესის მიმდინარეობაზე.

ვინაიდან ხსენებულ დაკვირვებათა მონაცემები ეწინააღმდეგებოდა რიგი ავტორების მიერ გამოთქმულ აზრს იმის შესახებ, თითქოს ქვედა საქშენებიდან

ჰაერის მიწოდება დადებით შედეგებს იძლევა [2,7], განხილული შახტიანწისქვილებიანი საცეცხლის აეროდინამიკა ჩვენ შევისწავლეთ ნახ. 2-ზე წარმოდგენილი ჰიდრავლიკური მოდელის [8] დახმარებით.

მოდელში ტუმბოთი მოწოდებული წყალი კოლექტორში ხვდებოდა და აქედან მიედინებოდა სამ მილსადენში, რომლებიც აერთებდნენ კოლექტორს შახტასთან და ზედა და ქვედა საქშენებთან. წყლის ხარჯის რეგულირება ყოველ მილსადენში ხორციელდებოდა ცალკე ვენტილის საშუალებით; გარდა ამისა, კოლექტორის სადაწნეო მილყელებზე დადგმული ვოლტმანის სისტემის წყალმზომები იძლეოდნენ ხსენებულ მილსადენებში წყლის ხარჯის ერთდროულად გაზომვის შესაძლებლობას.

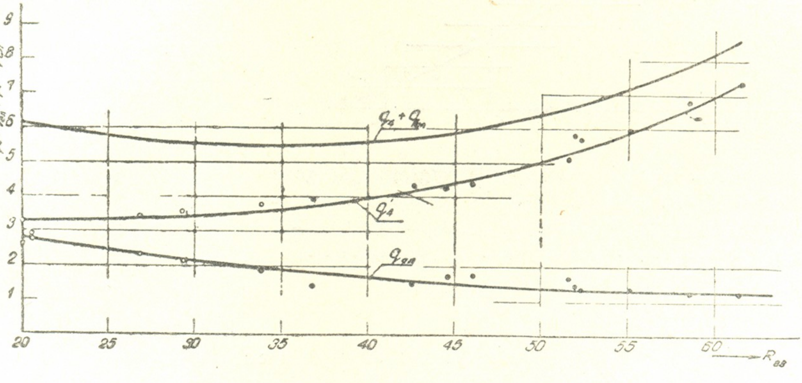
რეალური საცეცხლის შემთხვევაში კრიტერიუმ Re-ს მნიშვნელობანი შეადგენდნენ ამბრაზურიდან გამომდინარე ნაკადისათვის 3.10^5-ს და საქშენებიდან გამომდინარე ნაკადისათვის 1.10^5-ს. მოდელში წყლის მიწოდების იმ ინტენსივობათა მიღწევა, რომლებიც Re-ს ხსენებულ მნიშვნელობებს შესაბამება, პრაქტიკულად მეტად ძნელი აღმოჩნდა. ამასთან დაკავშირებით განხორციელდა საცეცხლის აეროდინამიკის მიახლოებითი დამოდელება [8]. ვინაიდან ამ უკანასკნელ შემთხვევაში რიცხვი Re-ს მნიშვნელობანი მოდელში შემავალი ნაკადებისათვის 1.10^4-ს ჭარბობდნენ, ასეთი ნაკადების ავტომოდელურობასთან დაკავშირებით შეგვეძლო გვევარაუდა, რომ სითხის მოძრაობის მოდელში განხორციელებული სურათი საკმაოდ უახლოვდებოდა რეალურ საცეცხლეში განხორციელებულ შესაბამის სურათს.



ნახ. 2. შახტიანწისქვილიანი საცეცხლის ჰიდრავლიკური მოდელი (მოდელის გეომეტრიული მასშტაბია 1:25)

ჰიდროდინამიკურ მოვლენებზე მხედველობით დაკვირვებათა საწარმოებლად მოდელში მიწოდებულ წყალში შერეული იყო წვრილად დაჭრილი რეზინის ნაჭრები. წყალში ამ რეზინების ნაჭრების არსებობამ შესაძლებლობა მოგვცა გადაგვეღო საცეცხლეში სითხის მოძრაობის სურათები საცეცხლე კამერაში მეორეული ჰაერის მიწოდების სხვადასხვა რეჟიმისათვის. ამ ფოტოსურათებს ის უპირატესობა გააჩნია, რომ ისინი, წარმოადგენენ რა შტრიხებიანი სურათების ანალოგებს, თავისუფალნი არიან ამ უკანასკნელთათვის დამახასიათებელი სუბიექტურობისაგან [8].

მოდელზე ჩატარებულმა დაკვირვებებმა ნათელყო, რომ ჰაერის მიწოდება ქვედა საქშენებიდან ხელს უწყობს საცეცხლეში უმოძრაო ზონების წარმოქმნას, ხოლო ჰაერის მიწოდების დროს ზედა საქშენებიდან მთელ კამერაში ვრცელდება ინტენსიური მოძრაობა. ამრიგად, მოდელზე ჩატარებულმა ცდებმა დაასაბუთა საცეცხლეში წვის პროცესის მიმდინარეობაზე მოხდენილ დაკვირვებათა საფუძველზე გამოთქმული მოსაზრების სამართლიანობა ქვედა საქშენებიდან ჰაერის მიწოდების არამიზანშეწონილობის შესახებ. ნათქვამთან დაკავშირებით საბალანსო გამოცდები, რომელთა შედეგებიც ქვემოთ არის მოცემული, მთლიანად დახურული ქვედა საქშენებით მუშაობის პირობებში ჩატარდა.



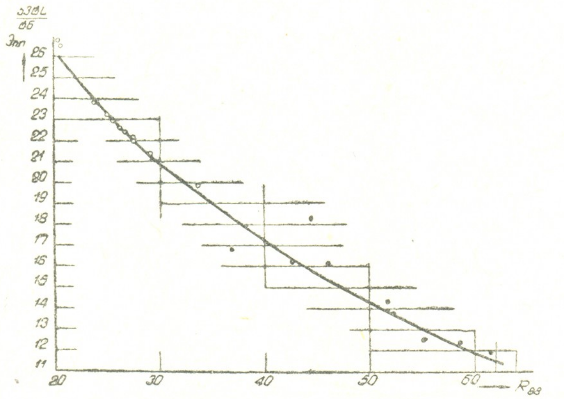
ნახ. 3. წვის მექანიკური არასრულობით გამოწვეული დანაკარგის დამოკიდებულება დაფქვის სიმსხვილისაგან $q_4 = f(R_{88})$: წერტილები—შახტიანწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატი; მცირე წრეები—ღოლისებურწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატი

სულ ამ ქვაბაგრეგატზე 10 გამოცდა ჩატარდა. უნდა აღინიშნოს, რომ ხსენებული გამოცდების დროს საცეცხლე კამერის ხილული თბური დაძაბულობა მეტად ვიწრო ფარგლებში იცვლებოდა $115 . 10^3 \frac{\text{კკალ}}{\text{მ}^3\text{ საათ.}}$ - დან

$135 . 10 \frac{\text{კკალ}}{\text{მ}^3\text{ საათ.}}$-მდე.

ვინაიდან ჯავშნის მდგომარეობა ბირთვულ დატვირთვათა სიდიდეა, წისქვილების კონსტრუქციული თავისებურებანი და სხვა ფაქტორები ჩვეულებ-

რივად არ იძლევიან სათბობის დაფქვისათვის საჭირო ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯის ზუსტად განსაზღვრის შესაძლებლობას. ჩვენ ვივარაუდეთ, რომ ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი ტყიბულის ნახშირის შემთხვევაში კემეროვის ნახშირისათვის დადგენილ ხვედრით ხარჯს უდრის [9]; ცნობილია, რომ კემეროვის ნახშირისათვის $K_{лo}=1,38$, ე. ი. პრაქტიკულად არ განსხვავდება საფქველუნარიანობის კოეფიციენტის იმ მნიშვნელობისაგან, რომელიც ტყიბულის ნახშირს შეესაბამება. ცნობილია ისიც, რომ ზემოხსენებული მონაცემები კემეროვის ნახშირის საფქველუნარიანობის კოეფიციენტის შესახებ საუკეთესო ექსპერიმენტულ მონაცემთა რიცხვს ეკუთვნის საბჭოთა კავშირში დამზადებულ წისქვილებში სხვადასხვა ნახშირის დაფქვის საკითხის შესწავლის დარგში. რაც შეეხება ელექტროენერგიის ხვედრით ხარჯს შახტიანი წისქვილების შემთხვევაში, მის განსაზღვრას ვახდენდით ყოველი ცდის პროცესში დამოუკიდებლად, ვატმეტრებისა და ელექტრომრიცხველების საშუალებით.



ნახ. 4. სათბობის დაფქვის პროცესში ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯის დამოკიდებულება დაფქვის სიმსხვილისაგან $Э_{пп}=f(R_{88})$: წერტილები—შახტიანწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატი; მცირე წრეები—დოლისებურწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატი

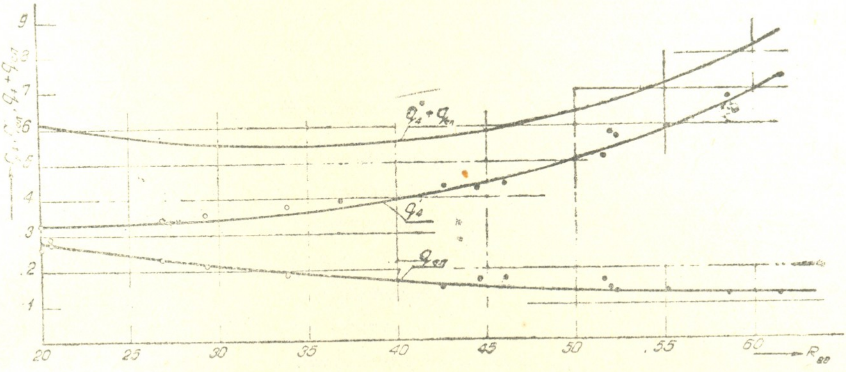
განხილულ ქვაბდანადგართა გამოცდების ჩატარების შედეგად მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები წარმოდგენილია მე-3, მე-4, მე-5 ნახაზებზე ერთიანი მრუდების სახით.

როგორც მე-3 ნახაზიდან ჩანს, შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ წვის მექანიკური არასრულობით გამოწვეული დანაკარგების ზრდა, რომელიც ნაფქვის სიმსხვილის ზრდას ახლავს თან, № 88 საცერზე ნარჩენის ფრიად დიდ ფარგლებში ცვალებადობის დროს, როგორც დოლისებური, ისე შახტიანწისქვილებიანი ქვაბდანადგარის შემთხვევაში ერთსა და იმავე კანონზომიერებას ემორჩილება.

დაახლოებით იგივე შეიძლება ითქვას ელექტროენერგიის ხარჯის შესახებ ნაფქვის დამზადების პროცესში (იხ. ნახ. 4).

ნახ. 5-ზე ორივე ქვაბაგრეგატისათვის მოცემულია დამოკიდებულებანი $q'_4=f(R_{88})$, $q_{сл}=f(R_{88})$ და $q'_4+q_{сл}=f(R_{88})$. გაანგარიშების ჩატარების დროს მიღებულია, რომ $q'_4=q_4\,\frac{A_т}{100}\,\frac{\text{მან.}}{\text{ტონა}}$ და $q_{сл}=\frac{860\cdot Э_{пп}}{\eta_{ст}\;Q^{р}_{н}}\,\frac{A_т}{10^3}\,\frac{\text{მან.}}{\text{ტონა}}$, სადაც $A_т=100\,\frac{\text{მან.}}{\text{ტონა}}$—არის ერთი ტონა სათბობის ღირებულება, ხოლო $\eta_{ст}=0,22$ ელექტროსადგურის მარგი ქმედების კოეფიციენტია.

როგორც ნახ. 5-დან ჩანს, დამოკიდებულება $q'_4 + q_{сл} = f(R_{88})$ ორივე ქვაბაგრეგატისათვის შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ერთიანი მრუდის საშუალებით, რომელსაც მინიმუმი აქვს მაშინ, როდესაც $R_{88} = 35—40\%_0$. აქედან გამომდინარეობს, რომ დოლისებურწისქვილებიან საცეცხლეებში ტყიბულის ნახშირის დაწვისას მიზანშეწონილია დავუშვათ № 88 საცერზე ნარჩენის ზრდა ხსენებულ მნიშვნელობამდე; მეორე მხრივ, უნდა დავასკვნათ, რომ იმავე სათბობის დაწვისას შახტიანწისქვილიან საცეცხლეში მიზანშეწონილია შევამციროთ ამ ტიპის საცეცხლეებისათვის დამახასიათებელი სიმსხვილე და მოვახდინოთ ორიენტაცია ნარჩენებზე, რომელთათვისაც $R_{88} = 40—45\%_0$-ს. ჩამოყა-



ნახ. 5 ნაფქვის ხელსაყრელი სიმსხვილის განსაზღვრა $q_4' + q_{сл} = f(R_{88})$:
წერტილები—შახტიანწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატი;
მცირე წრეები—დოლისებურწისქვილებიანი ქვაბაგრეგატი

ლიბებული დასკვნა დოლისებურწისქვილებიან საცეცხლეებში სათბობის დაფქვის სიმსხვილის გადიდების საჭიროების შესახებ კარგად უთანხმდება ამ საკითხისადმი მიძღვნილი რიგი სპეციალური ნაშრომების მონაცემებს [10].

ამ სამუშაოს შესრულებისას ჩვენ არ ვიხილავდით ისეთ ფაქტორებს, როგორებიცაა ლითონის ხარჯი წისქვილების ექსპლოატაციის პროცესში, წისქვილების საიმედობა ექსპლოატაციაში, მათი ლითონტევადობა, პირველადი კაპიტალური დაბანდებები და სხვა, რომლებიც არსებით როლს ასრულებენ სათბობის დაფქვის სისტემის შერჩევის საკითხის გადაწყვეტაში. მიუხედავად ამისა, ჩვენი აზრით, ზემოთ მოყვანილი შედეგები ინტერესს იმსახურებენ ტყიბულის ნახშირით მომუშავე დოლისებურ- და შახტიანწისქვილებიანი ქვაბდანადგარების მუშაობის თავისებურებათა გათვალისწინების თვალსაზრისით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. დიდებულიძის სახელობის
ენერგეტიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 18.6.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. П. Ромадин. Пылеприготовление. Госэнергоиздат, 1953.
2. Д. И. Зильберман. Эксплуатация шахтно-мельничных топок. Госэнергоиздат. 1952.
3. Е. А. Ницкевич. Освоение шахтно-мельничных топок на заводах черной металлургии. Металлургиздат, 1947.
4. Инструкция по проведению эксплуатационных испытаний котельных агрегатов МЭС СССР, Госэнергоиздат, 1951.
5. Нормы расчета котельного агрегата. Всесоюзный теплотехнический институт им. Ф. Э. Дзержинского. Энергоиздат, 1952.
6. Методика испытания котельных установок. ОРГРЭС. Госэнергоиздат, 1939.
7. П. Г. Кешишьян и М. М. Шильдкрет. Размол и сжигание различных углей СССР в шахтно-мельничной топке. Журнал «Известия ВТИ», № 5, 1941.
8. М. В. Кирпичев и М. А. Михеев. Моделирование тепловых устройств. Издательство АН СССР, 1936.
9. А. Н. Лебедев. Пылеприготовление на электростанциях. Госэнергоиздат. 1949.
10. Сборник «Приготовление и сжигание пыли угрубленного помола». Госэнергоиздат. 1952.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 3, 1955

მემცენარეობა

ვ. ჯაფარიძე

დასავლეთ საქართველოს სამხრეთ და აღმოსავლეთ ჩაის რაიონების ტენით უზრუნველყოფის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. გულისაშვილმა 22.101954)

თავისი დიდი ეკონომიური მნიშვნელობის გამო ჩვენში ჩაის კულტურამ განსაკუთრებული ყურადღება დაიმსახურა. იგი სუბტროპიკულ კულტურათა შორის ერთ-ერთ წამყვან კულტურად ითვლება. საქართველოს სსრ სახალხო მეურნეობის განვითარების გეგმა ამ კულტურის ფართობის 70.000 ჰექტარამდე აყვანას ითვალისწინებს, ამასთანავე ძირითად ამოცანად დასმულია ჩაის მოსავლიანობის შეუჩერებელი ზრდა.

ჩაის მოსავლის ზრდა დიდად არის დამოკიდებული აგროტექნიკურ ღონისძიებათა დროულად და ხარისხოვნად ჩატარებაზე. მოსავლის ზრდის საქმეში აუცილებლად გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მეტეოროლოგიური პირობების გავლენაც.

სახალხო მეურნეობის სხვა დარგებიდან სოფლის მეურნეობა ყველაზე მეტადაა დამოკიდებული ამინდის პირობებზე. ამჟამად ჩვენი ქვეყნის სოციალისტური სოფლის მეურნეობა, ტექნიკის განვითარებისა და მაღალ აგროტექნიკურ ღონისძიებათა მეოხებით, ამინდის ბევრი მავნე მოვლენისაგან თანდათან თავისუფლდება, მაგრამ ჯერ კიდევ დიდი გავლენა აქვს მოსავლიანობაზე მეტეოროლოგიურ პირობებს, რომლებიც ძირითადად არეგულირებენ ღონისძიებათა ხარისხსა და მოცულობას, წარმართულს მოსავლიანობის გადიდებისაკენ, მაგრამ, რასაკვირველია, თავისთავად არ განსაზღვრავენ მოსავლიანობის მოსალოდნელ სიდიდეს.

მაღალი აგროტექნიკისა და მეტეოროლოგიურ ფაქტორთა შეხამებული გამოყენება მოსავლიანობის ზრდის აუცილებელი პირობაა.

ჩაი ჩვენში შემოტანილია ისეთი ქვეყნებიდან, რომელთა ნიადაგობრივი და კლიმატური პირობები ნაწილობრივ განსხვავდება ადგილობრივისაგან. კლიმატურ ფაქტორთაგან განსაკუთრებული განსხვავება ემჩნევა სავეგეტაციო პერიოდში ნალექთა და ჰაერის ტენის განაწილებას.

ჩაის ბუჩქის მოსავლიანობის სიუხვე დიდად არის დამოკიდებული ვეგეტაციის შეუფერხებელ მსვლელობაზე, უკანასკნელი კი ჩვენში, განსაკუთრებით ჩაის აღმოსავლეთ რაიონებში, სავსებით დამოკიდებულია მცენარის წყლით უზრუნველყოფის პირობების რეგულაციაზე. სხვა კულტურებისაგან განსხვავე-

ბით ჩაი წყლით თანაბარ უზრუნველყოფას საჭიროებს ვეგეტაციის მთელ პერიოდში.

მცენარის წყლით უზრუნველყოფის პირობებს ბუნებაში ძირითადად ნალექები, ჰაერის ტენიანობა, ტემპერატურა და ქარები განსაზღვრავს. აღნიშნულ ფაქტორთა შესწავლისა და ამ ფაქტორთა ურთიერთკავშირის საშუალებით შევეცადეთ დაგვედგინა ტენით უზრუნველყოფის პირობები, გვალვიანი პერიოდების საშუალო თარიღები და გამოგვეყო ტენით უზრუნველყოფის ზონები.

სხვა ფაქტორთა შორის, რომლებიც აუცილებელია მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის, წყალს განსაკუთრებული ადგილი უკავია. უნდა აღინიშნოს, რომ, მიუხედავად ამ ფაქტორის ასეთი დიდი მნიშვნელობისა, ლიტერატურაში ჯერ კიდევ არ მოგვეპოვება ამომწურავი მონაცემები სუბტროპიკული მცენარეების მიერ წყლის მოთხოვნის შესახებ, სუბტროპიკულ მცენარეებს, განსაკუთრებით ჩაის ბუჩქს, ტენის მოყვარულ მცენარეთა ჯგუფს აკუთვნებენ. მართლაც, თუ გეოგრაფიული თვალსაზრისით გადავხედავთ ჩაის კულტურის გავრცელებას, დავინახავთ, რომ ჩაი როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ ისეთ რაიონებშია გავრცელებული, რომლებიც უხვი ნალექებით ხასიათდებიან. უნდა აღინიშნოს, რომ ნალექების საერთო წლიური ჯამი არ წყვეტს მცენარეების ტენით უზრუნველყოფის საკითხს. მცენარისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ნალექების განაწილებას სეზონებისა და სავეგეტაციო ქვეპერიოდების მიხედვით. ძალიან ხშირად, მიუხედავად წლიური ნალექების დიდი რაოდენობისა, მათი არახელსაყრელი განაწილების გამო მცენარეები არ არის უზრუნველყოფილი საჭირო რაოდენობის ტენით. სუბტროპიკულ რაიონებში, მიუხედავად უხვი ნალექებისა, ზოგჯერ სწორედ ასეთ მდგომარეობას აქვს ადგილი.

ნალექები დიდი რაოდენობით მოდის დას. საქართველოში და განსაკუთრებით მის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში. ნალექების მაქსიმალური რაოდენობა მოდის შემოდგომა-ზამთრის თვეებზე, შემდეგ ნალექები თანდათან კლებულობს და მინიმუმს აღწევს მაისში. მაისი მთელ განსახილველ ზონაში მინიმალური ნალექებით ხასიათდება, ამ დროს კი მცენარეებს, განსაკუთრებით ჩაის ბუჩქს, ტენის მომეტებული რაოდენობა ესაჭიროება. ამრიგად, ჩვენში ვეგეტაციის დასაწყისი ნალექების სიმცირით ხასიათდება.

ნალექების ჯამი, ცალკე აღებული თუგინდ მცენარეთა განვითარების გარკვეულ პერიოდში, ვერ მოგვცემს სწორ წარმოდგენას მცენარეების ტენით უზრუნველყოფის შესახებ. სხვადასხვა კლიმატურ ზონაში ნალექების ერთი და იგივე რაოდენობა დატენიანების სხვადასხვა ეფექტს იძლევა. გარდა ამისა, მცენარეები განვითარების სხვადასხვა პერიოდში, მეტეოროლოგიური ელემენტების სხვადასხვაგვარი შეფარდების დროს, ტენის არათანაბარ რაოდენობას ხარჯავენ; მეორე მხრივ, ნალექების წლიური ჯამის, როგორც ტერიტორიის დატენიანების ინდექსის, მნიშვნელობას ამცირებს ადგილმდება-

რეობის ოროგრაფია, განსაკუთრებით მთაგორიანი რელიეფი, სადაც დიდია მცენარეებისათვის უსარგებლო წყლის ხარჯვა ჩანადინების სახით.

ფ. დავითაია თავის შრომაში [2] აღნიშნავს, რომ, ტრანსპირაციის გარდა, რაც აუცილებელია ფიზიკური და ფიზიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობისათვის, ტენის იმ რაოდენობას, რომელიც სხვადასხვა გზით იხარჯება, არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს მცენარის განვითარებისათვის. აქედან დასკვნა, რომ მცენარის ორგანული მასის შექმნა ხდება ტენის იმ ნაშთის ხარჯზე, რომელიც რჩება მოსული ნალექების საერთო რაოდენობიდან სხვადასხვა უსარგებლო ხარჯის გამოკლების შემდეგ. ამავე დროს, რასაკვირველია, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული სხვა პირდაპირი ფაქტორების (სინათლე, კვება) ერთობლივი ზემოქმედებაც. ამრიგად, მხოლოდ ნალექთა ჯამები ისეთი სიდიდეებია, რომლებიც ხშირად არაფრის დამახასიათებელი არ არის.

სხვადასხვა კლიმატური ზონის დატენიანების დახასიათებისათვის მიღებულია სასარგებლო ტენი ტენის ბალანსის სახით გამოიხატოს.

ტენის ბალანსის იდეას შედარებით დიდი ხნის ისტორია აქვს, მაგრამ ვინაიდან არ არის ზოგიერთი ფაქტობრივი მონაცემი აორთქლების, ჩამონადენებისა და წყლის გაჟონვის, აგრეთვე ნიადაგის ფიზიკური თვისებების შესახებ, რომლებიც განსაზღვრავენ შეწოვილი ტენის რაოდენობას, ბალანსის იდეას ჯერ კიდევ მხოლოდ მიახლოებითი მნიშვნელობა აქვს.

თითქმის ყველა მკვლევარი, რომლებიც ამ საკითხზე მუშაობდნენ, ტენის ხარჯის ძირითად წყაროდ იღებენ აორთქლებას წყლის ზედაპირიდან, რაც მცენარეებისა და ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლების თანაბრად მიაჩნიათ.

აორთქლების მიახლოებითი აღრიცხვისათვის რიგი მკვლევრების მიერ მოცემულია სხვადასხვა შინაარსის ემპირიული ფორმულები.

ვინაიდან აორთქლება ტემპერატურული მაჩვენებლებით გამოითვლება, ნალექთა შემოსავალსა და გასავალს შორის შეფარდებამ ჰიდროთერმული კოეფიციენტის სახელწოდება მიიღო. ეს უკანასკნელი განყენებულ რიცხვს წარმოადგენს.

ტენის ბალანსის აღრიცხვის გამოანგარიშებისათვის ყველაზე უფრო მიღებულია პროფ. გ. სელიანინოვის, ნ. ივანოვისა და დოც. ქ. კელენჯერიძის მეთოდები.

პროფ. გ. სელიანინოვის [7,8] ჰიდროთერმულ კოეფიციენტს, რომელიც გამოხატავს ტენის პირობით ბალანსს, ანუ ადგილმდებარეობის უზრუნველყოფას ნალექებით, შემდეგი სახე აქვს:

$$K = \frac{eP}{et:10}$$

დოც. ქ. კელენჯერიძეს [10] სელიანინოვის ფორმულაში შეაქვს შესწორება ქარზე და შემდეგ სახეს ღებულობს:

$$K_2 = \frac{eP}{\frac{et}{8} \cdot \left(1 + \frac{W}{2}\right)}.$$

ეს ფორმულა კარგად ახასიათებს ადგილის დატენიანების ხარისხს, უფრო უახლოვდება ბუნებრივ პირობებს, განსაკუთრებით კი დასავლეთ საქართველოს პირობებში.

ტენიანობის უზრუნველყოფის გამოანგარიშებისათვის მიღებულია აგრეთვე ნ. ივანოვის მეთოდი [4], სადაც დატენიანების კოეფიციენტი K გამოიანგარიშება ნალექების შეფარდებით აორთქლებასთან, შემდეგი ფორმულით:

$$K = R/E.$$

ნ. ივანოვი დატენიანების კოეფიციენტისათვის იძლევა შემდეგ განმარტებას: კოეფიციენტი გვიჩვენებს, თუ რამდენად ანაზღაურებს მოსულ ნალექთა რაოდენობა შესაძლებელ აორთქლებას წყლის ზედაპირიდან მოცემულ კლიმატურ პირობებში.

კლიმატური გაანგარიშების დროს დიდი მნიშვნელობა არა აქვს მოსავლიანობის დამოკიდებულების დადგენას ნალექების რაოდენობასთან, რა ზომისაც უნდა იყოს ამ დამოკიდებულების სიდიდე, ვინაიდან ნალექების დადებითი და უარყოფითი მოქმედება აორთქლებით, ანუ, სხვა სიტყვებით, „ხარჯით" რეგულირდება.

სოფლის მეურნეობის თვალსაზრისით ნალექების ერთი და იგივე რაოდენობა სხვადასხვაგვარია სხვადასხვა კლიმატურ (თერმულ) ზონაში, ტენის ბალანსი კი, პირუკუ, შედარებით სტაბილურია, რის გამოც ტენის ბალანსის მონაცემები შესაძლებელია უფრო ფართოდ იქნეს გამოყენებული.

ამრიგად, ადგილმდებარეობის ტენით უზრუნველყოფისა და გვალვიანი პერიოდის დაწყება-დამთავრების საშუალო პერიოდების დასადგენად ყველაზე უფრო მისაღებია ჰიდროთერმული კოეფიციენტების გამოყენება.

დასავლეთ საქართველოს პირობებში დატენიანების დასახასიათებლად გამოყენებულ იქნა კ. კელენჯერიძის მეთოდით გამოანგარიშებული ჰიდროთერმული კოეფიციენტი.

ჰიდროთერმული კოეფიციენტების სიდიდე, ერთის ტოლი, ზღვრული კოეფიციენტია, 1,0-ზე ნაკლები კოეფიციენტი ტენის დანაკლისის მაჩვენებელია, 1,0-ის ზევით კი — ტენით უზრუნველყოფისა.

ტენის რესურსების უზრუნველყოფის შეფასებისას და სათანადო აგროღონისძიებათა ჩატარებისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს გვალვიანი პერიოდების დადგენა. პრაქტიკაში დღემდე არ არსებობს გვალვის ხანგრძლივობის გარკვევის მტკიცედ დასაბუთებული კრიტერიუმი. სხვადასხვა ავტორი სხვადასხვაგვარად უდგება ამ საკითხს. ზოგიერთს გვალვის პერიოდად მიაჩნია სავსებით უნალექო პერიოდი, ზოგი მკვლევარი კი მხედველობაში იღებს სუსტ წვიმებს.

პ. ბ რ ო უ ნ ო ვ ი [1] გვალვას ახასიათებს როგორც ანორმალურ მშრალ პერიოდს, რომელიც გამოწვეულია ანორმალური მაღალი ატმოსფერული წნევით. იგი აღნიშნავს, რომ გვალვა არის მეტეოროლოგიური მოვლენა, რომელიც არსებობს მცენარის გარეშე. პ. ბროუნოვი არჩევს გვალვას ძლიერსა და სუსტს, გრძელვადიანსა და მოკლევადიანს.

ა. კ ა მ ე ნ ს კ ი თავის შრომაში [5] გვალვას ახასიათებს ცალკეული პერიოდისათვის გარკვეული ამინდის ტიპით. გვალვას ა. კამენსკი განმარტავს როგორც უნალექო პერიოდს, როდესაც მაქსიმალური დღეღამური ტემპერატურა თანდათან იზრდება, შეფარდებითი ტენიანობა 13 საათზე საგრძნობლად ეცემა (40%-ს არ აღემატება) და დაცემას განაგრძობს.

დადგენილია, რომ ჩაი, ციტრუსები, ტუნგო განიცდის ტენის დანაკლისს, როდესაც სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში ტენის ბალანსი საშუალოდ 1,25—1,5 ქვემოთ ეცემა.

მასალების ანალიზის საფუძველზე დასავლეთ საქართველოს აღმოსავლეთისა და სამხრეთის ჩაის რაიონები ტენის უზრუნველყოფის მიხედვით ს ა მ ქვეზონად იყოფა:

პ ი რ ვ ე ლ ი ქ ვ ე ზ ო ნ ა. სანაპირო ზოლი. აღნიშნული ქვეზონა დახასიათებულია შემდეგი სადგურებით: ბათუმი, ჩაქვი, მწვანე კონცხი, ზუგდიდი. ამ ქვეზონაში კულტურები ტენის დანაკლისს განიცდიან ძლიერ ხანმოკლე პერიოდის განმავლობაში, ისიც მხოლოდ მაისში, როდესაც დატენიანების კოეფიციენტი 0,7—1,0 უდრის. აღნიშნული ქვეზონა ძირითადად უზრუნველყოფილია ტენით, თუ არ მივიღებთ მხედველობაში ზოგიერთ გამონაკლის წელს, როდესაც მაისის გვალვა ძალზე მკაცრ ხასიათს ღებულობს და დიდხანს გრძელდება; დანარჩენ თვეებში კი სავეგეტაციო პერიოდში ჩაი სავსებით უზრუნველყოფილია ტენით. აქ გვალვიანი პერიოდის დაწყების საშუალო თარიღი მაისის პირველ დეკადაზე მოდის და ივნისის პირველ დეკადამდე გრძელდება. გვალვიანი პერიოდი შესაძლებელია 30 დღემდე გაგრძელდეს. ყველაზე საპასუხისმგებლო პერიოდი მაისია.

მ ე ო რ ე ქ ვ ე ზ ო ნ ა. ის დახასიათებულია სადგურებით: ქობულეთი, მახარაძე, შრომა, ლანჩხუთი, სუფსა, ცხაკაია. აქ გვალვიანი პერიოდი უფრო ხანგრძლივია, დატენიანების კოეფიციენტი 0,5—0,8 ფარგლებში მერყეობს. მართალია, სხვადასხვა კულტურა აქ მოურწყავად მოდის, მაგრამ ზოგიერთ წელს გვალვის მიერ გამოწვეული ზარალი მაინც დიდია. განსაკუთრებით იჩაგრებიან ტენის დანაკლისით ციტრუსები და ჩაი. გვალვა აქ ჩაის კრეფას 15-დან 20 დღემდე აჩერებს.

აღნიშნულ ქვეზონაში მორწყვა არაა სავალდებულო, მაგრამ ჩაის რწყვა ძლიერ სასურველია მოსავლიანობის გადიდების თვალსაზრისით.

ამ ქვეზონაში, შედარებით პირველთან, გვალვიანი პერიოდის დადგომის საშუალო თარიღი აპრილის მეორე დეკადის დამლევზე მოდის, გვალვა ივნისის პირველ დეკადამდე გრძელდება. გვალვიანი პერიოდი შესაძლებელია 50—80 დღემდე გაგრძელდეს;

მესამე ქვეზონა. ეს ქვეზონა დახასიათებულია შემდეგი სადგურებით: სამტრედია, წულუკიძე, წყალტუბო, ქუთაისი, ფოთი, ხეთა. აღნიშნულ ქვეზონას ახასიათებს აშკარად გამოხატული გვალვიანი პერიოდები. ამ ქვეზონაში ჩაის ბუჩქი, ციტრუსოვანი კულტურები და ტუნგო თითქმის მთელ სავეგეტაციო პერიოდში განიცდიან ტენის დანაკლისს. აქ ისეთი კულტურები, როგორიცაა ციტრუსები, ჩაი, ტუნგო და, საერთოდ, ტენის მოყვარული მცენარეები, აუცილებლად მოითხოვენ სისტემატურ რწყვას. მორწყვა აქ, სხვა აგროტექნიკურ საშუალებებთან ერთად, ერთ-ერთ ძირითად ღონისძიებად ითვლება. გვალვიანი პერიოდის დადგომის საშუალო თარიღი აპრილის პირველ დეკადაზე მოდის, გვალვა სექტემბრამდე გრძელდება. რასაკვირველია, ეს ისე კი არ უნდა გავიგოთ, თითქოს 120 დღის განმავლობაში ნალექები არ მოდიოდეს და განუწყვეტლივ მშრალი პერიოდი დგებოდეს. აქ ხშირია უნალექო პერიოდები, რაც განაპირობებს ხანგრძლივ გვალვებს.

ამგვარად, ტენით უზრუნველყოფის მიხედვით მთელი განსახილველი ზონა შეიძლება სამ ქვეზონად დავყოთ: პირველი—სანაპირო ზონა; მეორე—სანაპირო ზონიდან იმერეთ-სამეგრელოს საზღვრამდე და მესამე—ქვემო და შუა იმერეთის მთელი ვაკე და ბორცვიანი ნაწილი.

პირველი ქვეზონა ტენით სავსებით უზრუნველყოფილია. მეორე ქვეზონა ნაწილობრივ განიცდის ტენის დანაკლისს, მაგრამ ტენის შენარჩუნებისაკენ მიმართული მაღალ აგროტექნიკურ ღონისძიებათა გამოყენების შემთხვევაში ისიც შეიძლება ჩაითვალოს ტენით უზრუნველყოფილად. მორწყვა აქ არ ჩაითვლება ძირითად ღონისძიებად, მაგრამ სასურველია. მესამე ქვეზონა აშკარად გვალვიანი ზონაა. აქ რიგ აგროტექნიკურ ღონისძიებებთან ერთად გარკვეულ პერიოდში აუცილებელია კულტურების სისტემატური რწყვა, რაც სასურველია ჩატარებულ იქნეს ხელოვნური წვიმის სახით, ვინაიდან ეს გამოიწვევს ჰაერის ტენით გაჯერებასაც, რასაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ფოთლების მოქმედების დროს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 23.10.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. П. Н. Броунов. О борьбе с засушливостью нашего юговостока с точек зрения климатической и метеорологической. Изд. Госуд. ин-та опытной агрономии, том III, № 5-6, 1925.
2. Ф. Ф. Давитая. Климатические зоны винограда в СССР. Пищепромиздат, Москва, 1948.
3. М. К. Дараселия. Материалы по водному режиму субтропических подзолистых почв. Пищепромиздат, Москва, 1947.
4. Н. Н. Иванов. Записки Всесоюзного географического общества. Новая серия, т. I. Академия Наук СССР, 1948.

5. А. А. Каменский. Типы засухи и равнинных суховеев в СССР. Труды Глав. геофизической обсерватории, т. I, № 2, 1934.
6. Г. К. Кварацхелия. Чайный куст и сопутствующие ему культуры. Сельхозгиз, Москва, 1934.
7. Г. Т. Селянинов. Методика с.-х. оценки климата субтропиков. Материалы по агроклимат. районир. субтропиков СССР. Ленинград, 1936.
8. Г. Т. Селянинов. Агроклиматические зоны и районы субтропиков СССР. Материалы по агроклиматическому районир. субтропиков СССР. Ленинград, 1936.
9. Г. Т. Селянинов. Агроклиматические основы районир. влажных советских субтропиков. Советские субтропики, № 1, 1934.
10. ნ. კელენჯერიძე. ქვემო და შუა იმერეთის დაბლობი ნაწილის აგროკლიმატური დახასიათება. აჯამეთის მემინდვრეობის საცდელი სადგურის შრომები, თბილისი, 1947.

ექსპერიმენტული მედიცინა

მ. კობახიძე

ჰიპერტონიული დაავადების დროს სიმპათექტომიის გამოყენების მიზანშეწონილობის შესახებ ექსპერიმენტული კვლევის ასპექტში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა მ. წინამძღვრიშვილმა 19.7.1954)

უკანასკნელი 10—15 წლის განმავლობაში საზღვარგარეთ ფართოდ იყენებენ ქირურგიულ ჩარევას ჰიპერტონიული დაავადების დროს.

რ. სმისვიკმა [1] ჰიპერტონიული დაავადებით შეპყრობილ 179 ავადმყოფზე სუბდიაფრაგმული სიმპატექტომიის შემდეგ უმრავლეს შემთხვევაში შეამჩნია სისტოლური წნევის დაქვეითება 30 mm Hg, ხოლო დიასტოლურისა 20 mm Hg. შემთხვევათა ნაწილში (9%) ადგილი ჰქონდა სისხლის წნევის უმნიშვნელო მომატებას.

მ. გრეგორმა [2] ჩაატარა სიმპატექტომია ხანგრძლივი და მყარი ჰიპერტონიის მქონე 140 ავადმყოფზე სმისვიკის მეთოდით (VIII—XII და წელის პირველი კვანძების ამოკვეთა. ზოგიერთ შემთხვევაში კეთდებოდა განგლიონექტომია გულმკერდის I-დან) წელის III კვანძამდე. ავტორმა აღნიშნა დიასტოლური წნევის დაქვეითება 30 mm Hg-ით და უფრო მეტიც.

ამ ავტორთა დაკვირვება ეხება ოპერაციული ჩარევის მხოლოდ მწვავე პერიოდს.

მოგვიანებითი შედეგები, რომლის საფუძველზედაც შეიძლებოდა გვემსჯელა ასეთი ჩარევის რეალურ ეფექტურობაზე ჰიპერტონიული დაავადების დროს, დღემდე თითქმის არ არის.

ს. გუბერმა, ი. მანინგმა, ვ. პაინემ და სხვებმა [3], ჩაატარეს დაკვირვება ჰიპერტონიით დაავადებულ 294 ავადმყოფზე, რომელთაც მკურნალობდნენ ერთმომენტიანი ორმხრივი სუპრადიაფრაგმური სპლანქნიკექტომიით, და აღნიშნეს დიასტოლური წნევის დაქვეითება მხოლოდ 20 mm Hg-ის ფარგლებში.

ამასთანავე ავადმყოფთა სუბიექტური შეგრძნების ანალიზი და ობიექტური გამოკვლევის მონაცემები ამ ავტორთა მიერ არ არის მოყვანილი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოხსენებული ავტორები უპირატესობას აძლევენ გაფართოებულ სიმპათექტომიას. ასე, მაგ., D_6—D_{12} ამოკვეთისას კარგი შედეგები მიღებულია 50% შემთხვევაში, ხოლო D_9—D_{12} ამოკვეთისას—21% შემთხვევაში.

საბჭოთა კავშირში ჰიპერტონიული დაავადების სიმპათექტომიით მკურნალობას ეწეოდნენ ა. პოლენოვი და ა. ბონდარჩუკი [4], ფ. ლამ-

პერტი [5], ბ. ეგოროვი [6] და სხვ. ეს ოპერაციები კეთდებოდა გარკვეული ჩვენებების დროს და ადგილი არ ჰქონდა უსაფუძვლო გატაცებას ამ საქმეში.

ამ უკანასკნელ ხანებში, შეიძლება ითქვას, ეს ოპერაციები, როგორც ჰიპერტონიული დაავადების მკურნალობის მეთოდი, სსრ კავშირის მეცნ. აკადემიისა და სსრ კავშირის მედიცინის მეცნ. აკადემიის გაერთიანებული სესიის შემდეგ, რომელიც მიძღვნილი იყო აკად. ი. პავლოვის ფიზიოლოგიური მოძღვრებისადმი სავსებით მიტოვებულია.

ამ შრომაში ჩვენ მიზნად დავისახეთ გამოგვერკვია ნერვული ფაქტორის როლი ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის განვითარებაში და ექსპერიმენტულ მოდელზე გადაგვეწყვიტა კლინიკისათვის მნიშვნელოვანი საკითხი ქირურგიული ჩარევისა ჰიპერტონიული დაავადების დროს.

ქრონიკული ცდები დაყენებულ იქნა 45 შინაურ კურდღელზე (1,5—2,5 კგ წონით).

ყველა ოპერაცია ნაწარმოები იყო ეთერის საერთო ნარკოზით, ასეპტიკისა და ანტისეპტიკის წესების დაცვით.

ყოველ ცხოველს, როგორც წესი, უკეთდებოდა საერთო საძილე არტერიის კანის მარყუჟში გამოყვანა.

სისხლის წნევის გაზომვა ხდებოდა რივა-როჩის აპარატით.

ექსპერიმენტულ რენულ ჰიპერტენზიას ვიწვევდით ერთ თირკმელზე რვისებრი მარყუჟის დადებით და მეორე თირკმლის არტერიის შევიწროებით.

45 შინაური კურდღლიდან ცდები გაფართოებული დესიმპათიზაციით ვაწარმოეთ 15 შინაურ კურდღელზე და სხვადასხვა ოპერაცია ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაზე (ლუმბალური სიმპატექტომია, მუცლის აორტის დენუდაცია, სპლანქნიკექტომია) 30 შინაურ კურდღელზე.

პირველ სერიაში 10 შინაურ კურდღელზე ერთდროულად ნაწარმოები იყო თირკმლების იშემია და ნაწილობრივი დესიმპათიზაციები (ლუმბალური სიმპატექტომია ან მუცლის აორტის დენუდაცია მარცხენა თირკმლის არტერიის გამოსვლის ადგილიდან მის ბიფურკაციამდე) და დაკვირვებიდან გარკვეული ხნის გავლის შემდეგ—გაფართოებული დესიმპათიზაციები ერთმომენტიანი ჩარევით—მუცლის აორტის დენუდაცია, ლუმბალური სიმპატექტომია, სპლანქნიკექტომია და სოლარექტომია (ცდები ჩავატარეთ პროფ. კ. ჩიქოვანთან ერთად).

მეორე სერიის ცდებში წინასწარ გამოწვეულ ჰიპერტენზიაზე ვაწარმოეთ ნაწილობრივი დესიმპათიზაციები (ლუმბალური სიმპათექტომია ან მუცლის აორტის დენუდაცია) და გარკვეული ხნის გავლის შემდეგ გაფართოებული დესიმპათიზაციები ზემოაღნიშნული მეთოდით.

15 შინაურ კურდღელში, რომელთაც გაკეთებული ჰქონდათ თირკმლების იშემიისა და ნაწილობრივი დესიმპათიზაციის ერთმომენტიანი ოპერაცია, მოხდა ჰიპერტენზიის განვითარების შეკავება, საშუალოდ 14-დან 53 დღემდე, ხოლო გაფართოებულმა დესიმპათიზაციამ, რომელიც ნაწარმოებია ამავე ცხოველებზე, მოგვცა დეპრესორული ეფექტი 7-დან 27 დღემდე.

5 შინაურ კურდღელს, რომელთაც განვითარებული ჰქონდათ ჰიპერტენზია, ჯერ გაუკეთდა ნაწილობრივი დესიმპათიზაცია, რომელმაც მოგვცა სისხლის წნევის დაქვეითება საშუალოდ 19-დან 30 დღემდე. დაკვირვებიდან გარკვეული ხნის გავლის შემდეგ ამავე ცხოველებს გაუკეთდა გაფართოებული დესიმპათიზაცია, რომელმაც მოგვცა დეპრესორული ეფექტი საშუალოდ 13-დან 25 დღემდე.

შედეგების განხილვა

უცხოელი ნეიროქირურგები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, იმ აზრისა არიან, რომ სიმპატექტომიის შედეგად გამოწვეული დეპრესორული ეფექტის სიღრმე და ხანგრძლიობა დამოკიდებულია სიმპათიკური განგლიების გამოთიშვის დიაპაზონისაგან.

ყოველ ოპერაციულ ჩარევას აქვს თავისი ფიზიოლოგიური დასაბუთება. ამ თვალსაზრისით საინტერესოა მოვიყვანოთ ზოგიერთი ავტორის შეხედულება სიმპათექტომიის შედეგად სისხლის წნევის დაქვეითების შესახებ.

პ. სელცოვსკი და ნ. ტიმოფეევა [7] სიმპათექტომიის ჩარევის ეფექტს განიხილავენ როგორც „დარტყმას“, რომელსაც მოსდევს ნერვული სისტემის სხვა ნაწილების ფუნქციონალური შეცვლა.

ჰ. გოლდბლატის [8] აზრით, სისხლის წნევის დაცემა ხდება თირკმლის ნერვების დენერვაციის შედეგად.

დღემდე გაბატონებულად ითვლებოდა მუცლის ღრუს სისხლის ძარღვებში სისხლის „დეპონირების“ თეორია; სიმპათექტომიის შემდეგ მუცლის ღრუს სისხლის ძარღვები ფართოვდება, ხდება ჰემოსტაზი და სისხლის წნევა ეცემა.

ი. პავლოვის მოძღვრების ასპექტში შეუძლებელია ვეგეტატიური ნერვული სისტემის წარმოდგენა თავის ტვინის ქერქისაგან მოწყვეტით.

„ჰიპერტონიული დაავადების დროს ვეგეტატიური მოშლილობანი წარმოადგენენ მხოლოდ ცენტრალური პროცესების შედეგს, ისინი წარმოადგენენ მხოლოდ შუამავალ (გადამცემ) რგოლს სისხლძარღვთა შევიწროების მექანიზმში და სისხლის წნევის მომატებაში“ [9].

ამიტომ, ყოველგვარი ნეიროქირურგიული ჩარევა ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაზე ჰიპერტონიული დაავადების დროს და ამის შედეგად მიღებული დეპრესორული ეფექტი არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც ადგილობრივი ძვრა, მომხდარი მხოლოდ ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაში, არამედ პირველ რიგში იგი უნდა ვეძიოთ თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების ქერქში.

დეპრესორული ეფექტის სიღრმე და ხანგრძლივობა არ არის დამოკიდებული ჩარევის დიაპაზონისაგან. საკმარისია ერთი განგლიის ამოკვეთაც კი, რომ მოხდეს ფუნქციური ძვრა დიდი ჰემისფეროების ქერქში.

მეორე მხრივ, ი. პავლოვის გამოკვლევებით, კისრის ზემო სიმპათიკური კვანძების ამოკვეთა ცოტად თუ ბევრად იწვევს აღგზნებითი პროცესის ღრმა შესუსტებას იმ დროს, როდესაც პერიფერიული ნერვული სისტემის ქვემო

წილების ამოკვეთას მოსდევს შეკავებითი პროცესის შესუსტება, ზოგიერთ შემთხვევაში პირობითი რეფლექსების გაძლიერებით [10].

ეს გამოკვლევები მოწმობს, რომ წამყვანია არა სიმპათიკური ნერვული სისტემა, არამედ დიდი ჰემისფეროების ქერქი.

ჩვენი ექსპერიმენტების საფუძველზე ჩანს, რომ ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის დროს ვეგეტატიური ნერვული სისტემის გარკვეული ნაწილის გამორთვა იწვევს სისხლის წნევის დროებით დაქვეითებას, რადგან რენინი (პრესორული ნივთიერება) თავის მოქმედებას ახორციელებს მხოლოდ ნერვული სისტემის (სისხლძარღვთა რეცეპტორები) გზით, როგორც ეს გვიჩვენა ს. ანდრეევის, ი. ვადკოვსკაიასა და ა. ტარასოვას გამოკვლევებმა [11].

უნდა აღინიშნოს, რომ სამხრეთ ამერიკელი ავტორები უარყოფენ ნერვული სისტემის როლს ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის განვითარებაში და აღნიშნავენ, რომ სიმპათექტომია აკავებს ან სავსებით სპობს ექსპერიმენტული რეფლექსოგენური ჰიპერტენზიის განვითარებას.

საზღვარგარეთელი ავტორების მტკიცების წინააღმდეგ, მ. წინამძღვრიშვილი ჯერ კიდევ 1948 წელს აღნიშნავდა ნერვული სისტემის დიდ როლს ე. წ. „ნეფროგენული" ჰიპერტონიის განვითარებაში, ხოლო 1952 წელს იგი წერდა: „...სიმპათიკური ჰიპერტონიის ყველა ფორმის,—და, მაშასადამე, „ნეფროგენულის" დროსაც,—სისხლძარღვთა ჰიპერტონუსი, რომელიც იწვევს საერთო არტერიულ ჰიპერტენზიას, ხორციელდება აუცილებლად თავის ტვინის ქერქის მონაწილეობით" [12, 13].

ნ. გორევი და მ. გურევიჩი, აღნიშნავენ რა ნერვული სისტემის წამყვან როლს ექსპერიმენტული ჰიპერტონიის ორი ფორმის (რეფლექსოგენურისა და რენულის) დროს, თავიანთი ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე წერენ: „ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის დროს აღნიშნული ცვლილებები ნერვულ სისტემაში გვაძლევს საშუალებას დავასკვნათ, რომ რიგ ავტორთა (გოლდბლატი, პეიჯი, ფასციოლო და სხვ.) აზრი რენული ჰიპერტონიის მხოლოდ ჰუმორული მექანიზმის შესახებ მცდარია" [14].

ო. სტეპუნმა, ბ. ანთელიძემ და ა. დარიალაშვილმა [15] დაადგინეს, რომ ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის მოგვიანებით სტადიებში, იმ დროს, როდესაც სისხლის წნევა მაღალ დონეზეა, არ შეიძლება პრესორული ნივთიერების აღმოჩენა. როგორც ჩანს, მაღალი სისხლის წნევა პირობადებული უნდა ყოფილიყო მხოლოდ ნევრალური მექანიზმებით.

გ. გვიშიანი და ე. კვიცარიძე [16] ექსპერიმენტული ჰიპერტენზიების (რეფლექსოგენურის, კაოლინური, რენულის) დროს ძაღლებში ნარკოტიკების (ქლორალჰიდრატი, ლუმინალის) გულ-სისხლძარღვთა სისტემის რეაქტიულობაზე გავლენის შესწავლის საფუძველზე დაასკვნიან, რომ ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის დროს ადგილი აქვს თავის ტვინის ქერქის რეაქტიულობის მომატებას.

ამრიგად, ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის განვითარებაში ნერვული სისტემის მონაწილეობა ეჭვგარეშეა.

ექსპერიმენტული რენული ჰიპერტენზიის დროს დეპრესორული ეფექტის მიღებაში ნეიროქირურგიული ჩარევის დიაპაზონს არ აქვს მნიშვნელობა, ვინაიდან როგორც ნაწილობრივი, ასევე გაფართოებული დესიმპათიზაცია იძლევა თითქმის ერთნაირი ხანგრძლივობის დეპრესორულ ეფექტს.

ამიტომ, ჩვენი აზრით, უცხოელ ნეიროქირურგთა მტკიცებანი გაფართოებული დესიმპათიზაციის უპირატესობის შესახებ ნაწილობრივთან შედარებით ექსპერიმენტით არ დასტურდება.

ამგვარად, როგორც კლინიკაში, ასევე ექსპერიმენტში ოპერაციული ჩარევა ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაზე მხოლოდ დროებით დეპრესორულ ეფექტს იძლევა, გარკვეული დროის შემდეგ სისხლის წნევა კვლავ მატულობს და პირვანდელ მდგომარეობას აღწევს.

ჰიპერტონიული დაავადებით შეპყრობილ პირებში სიმპატექტომიის შემდეგ სისხლის წნევის მყარი დაწევა არავის შეუმჩნევია.

ჩვენი ექსპერიმენტული და ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე ნეიროქირურგიული ჩარევა ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაზე ჰიპერტონიული დაავადების დროს და კერძოდ გაფართოებული დესიმპათიზაცია ნაკლებად ეფექტურ ოპერაციად უნდა ჩაითვალოს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
კლინიკური და ექსპერიმენტული კარდიოლოგიის
ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.7.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Arterial Hypertension. Acta medica Scandinavica, Stockholm, 1947.
2. M. Gregor. Результаты пятилетних наблюдений над больными, оперированными по поводу эссенциальной гипертонии. S. Afr. Med. J. 26, 9, 157—161, 1952; 26, 10, 177—181, 1952. В книге „Вопросы патологии сердечно-сосудистой системы". Сборник сокращ. переводов и обзор иностранной литературы, № 1, 1953, стр. 81.
3. S. W. Hoober, I. T. Manning, W. G. Paine and oth. Действие спланхникэктомии на кровяное давление при гипертонической болезни. Circulation 4,2, 173—183, 1951. В книге „Вопросы патологии сердечно-сосудистой системы". Сборник сокращен. переводов и обзор иностранной литературы, № 4, 1952, стр. 90.
4. А. Л. Поленов и А. В. Бондарчук. Некоторые клинико-физиологические наблюдения из хирургии гипертонической болезни. В кн. «Восьмая сессия нейрохирургического совета», 1948, стр. 86.
5. Ф. М. Ламперт. Хирургическое лечение эссенциальной гипертонии. Клинич. медиц. № 3, 1946, т. XXIV, стр. 3—8.
6. А. М. Гринштейн, Б. Г. Егоров, Л. С. Соскин. Хирургическое лечение церебральных синдромов гипертонической болезни. Вопросы нейрохирургии, № 4, 1948, стр. 3—12.
7. П. Л. Сельцовский и Н. И. Тимофеева. Некоторые вопросы хирургического лечения гипертонической болезни. Клинич. медиц., № 2, 1950, стр. 39—50.

8. H. Goldblatt. The renal origin of hypertension physiol. Reviews, vol. 27, № 1, 1947.
9. А. Л. Мясников. Роль нарушений высшей нервной деятельности в патогенезе гипертонической болезни. Журн. высш. нерв. деят. им. акад. И. П. Павлова, т. 1, вып. 1, 1951, стр. 99—108.
10. Научная сессия, посвященная проблемам физиологического учения академика И. П. Павлова. Стенографический отчет, 1950.
11. С. В. Андреев, Ю. Д. Вадковская и А. Н. Тарасова. О рефлекторном пути действия ренина на сосудистую систему и на артериальное давление. Бюлл. экспер. биол. и медиц., № 3, 1952, стр. 16—20.
12. М. Д. Цинамдзгваришвили. Вопросы классификации гипертонической болезни. Тбилиси, 1952.
13. М. Д. Цинамдзгваришвили. Эксперимент и клиника в вопросе почечного генеза гипертонии. Тбилиси, 1948.
14. Н. Н. Горев и М. М. Гуревич. О роли нервной системы в генезе экспериментальной гипертонии. Труды Акад. медиц. наук СССР, т. XXIII, вып. 3, 1953, стр. 12—22.
15. О. А. Степун, Б. Ф. Антелидзе и А. А. Дариалашвили. Механизм образования ренина в почке и его динамика при экспериментальных гипертензиях. Врач. дело, № 6, 1952, стр. 485—490.
16. Г. С. Гвишиани и Э. П. Квицаридзе. Влияние наркотиков на реактивность аппарата кровообращения собак с различными формами экспериментальной гипертензии. Фармакология и токсикология, № 1, 1953, стр. 10—14.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 3, 1955

ექსპერიმენტული მედიცინა

რ. გურგენიძე და ვ. ბახუტაშვილი

ნორმალური და ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანების გავლენა ლეიკოციტების რაოდენობასა და ლეიკოციტურ ფორმულაზე

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ერისთავმა 2.11.1954)

დიდი რუსი ფიზიოლოგი ი. პ ა ვ ლ ო ვ ი წერდა: „ჩვენ მანამდე ვერ შევიცნობთ ცოცხალი მანქანის მთლიან მოქმედებას, კიდეც რომ ვიცოდეთ მისი ცალკეული ნაწილები, ვიდრე საფუძვლიანად არ გავეცნობით ცენტრშიმსწრაფი ნერვების პერიფერიულ დაბოლოებათა სპეციალურ გამაღიზიანებლებს, ვიდრე არ ვიპოვით ყველა შემთხვევაში მექანიკური, ქიმიური და სხვა ხასიათის იმ განსაკუთრებულ დეტალებს, რომლებიც აღაგზნებენ ამა თუ იმ პერიფერიულ დაბოლოებებს“ [1].

განსაკუთრებით ინტერესს იწვევს ამ მხრივ კუჭის ინტერორეცეპტორების ფიზიოლოგიის შესწავლა, ვინაიდან ცნობილია, რომ კვების აქტის შემდეგ საკვები რამდენიმე საათის განმავლობაში იმყოფება კუჭში და მისთვის დამახასიათებელი ფიზიკური თვისებებით (მოცულობა, კონსისტენცია) და ქიმიური თვისებებით უნდა მოქმედებდეს ინტერორეცეპტორებზე, რომლებითაც აღსავსეა კუჭის კედლები.

გამოკვლევებით დადგენილია [2,3], რომ კუჭში არსებობს რეცეპტორული აპარატი, რომელიც ცენტრალური ნერვული სისტემის (ცნს) უმაღლეს განყოფილებებს ატყობინებს კუჭის კედლების დაჭიმვის ხარისხს (მექანორეცეპტორები), სისხლის და ქსოვილთა სითხეების ქიმიურ ცვლილებებს (ქემორეცეპტორები) და სხვა. ამ რეცეპტორების გაღიზიანებით აღმოცენებული იმპულსები, მიიმართება რა ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში, იწვევს სისხლძარღვთა, საჭმლის მომნელებელ, სუნთქვის, შარდგამომყოფი და სხვა სისტემების ფიზიოლოგიურ რეაქციებს.

ამავე დროს ბიკოვის, ჩერნიგოვსკის, ივანოვისა და ლებედევას მიერ დადგენილია საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში სხვადასხვა რეცეპტორების განაწილების ზოგადი კანონზომიერება.

საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ის ნაწილი, რომელშიაც მისი ფიზიოლოგიური ფუნქციის გამო ადგილი აქვს საკვების ან მისი ნარჩენების შეჩერებას, შეჯგუფებას (კუჭი, მსხვილი ნაწლავები, სწორი ნაწლავი), მდიდარია მექანორეცეპტორებით, ხოლო ის ნაწლავი, სადაც უმთავრესად მიღებული საკვების ქიმიური დამუშავება და დამუშავებული პროდუქტების შეწოვა ხდება (თორმეტგოჯა ნაწლავი, მლივი ნაწლავის ბოლო და თეძოს ნაწლავის

საწყისი ნაწილები) ხასიათდება მაღალი მგრძნობელობით ქიმიური გამაღიზიანებლების მიმართ.

მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ კუჭის ან სხვა ორგანოს ინტერორეცეპტორების გაღიზიანებით შესაძლებელია პირობითი რეფლექსების გამომუშავება დროებითი კავშირის საფუძველზე.

წინამდებარე შრომაში ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ჯანმრთელი და ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანების გავლენა პერიფერიულ სისხლში ლეიკოციტების რაოდენობასა და ლეიკოციტურ ფორმულაზე.

გამოკვლევის მეთოდიკა

დაკვირვებანი წარმოებდა ჯანმრთელი, ნორმალური კუჭის მქონე და წყლულოვანი დაავადების ნიადაგზე ოპერირებულ ავადმყოფებზე (პერფორირებული წყლულის გაკერვა, რეზექცია).

სულ გატარებულია 20 შემთხვევა, მათ შორის 5 ნორმალური და 15 ოპერირებული, აქედან 7—პერფორირებული წყლულის გაკერვის, ხოლო 8—რეზექციის შემდგომი შემთხვევა.

გამოკვლევა წარმოებდა ოპერაციის ერთი—ერთ-ნახევარი წლის შემდეგ.

კუჭის მექანორეცეპტორებს ვაღიზიანებდით წვრილი დუოდენალური ზონდით, რომელიც რეზინის ბალონით ბოლოვდებოდა. მთელ სისტემას ვასტერილებდით ადუღებით.

რეზინის ბალონი კუჭში მოთავსების შემდეგ იბერებოდა ჰაერით (საკვების იმიტაცია). გაბერვა წარმოებდა 2—3 წუთის განმავლობაში რეზინის რეზერვუარით, რომლის მოცულობას წინასწარ ვიკვლევდით. პირველ ორ შემთხვევაში ბალონში შეგვყავდა 250 სმ³ ჰაერი, ხოლო რეზექციის შემდგომ შემთხვევებში 125 სმ³. კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანება ხდებოდა 1 საათის განმავლობაში.

სისხლში ლეიკოციტებს და ლეიკოციტურ ფორმულას ვიკვლევდით დინამიკაში: რეცეპტორების გაღიზიანებამდე, გაღიზიანებიდან ნახევარი, ერთ-ნახევარი და ორი საათის შემდეგ.

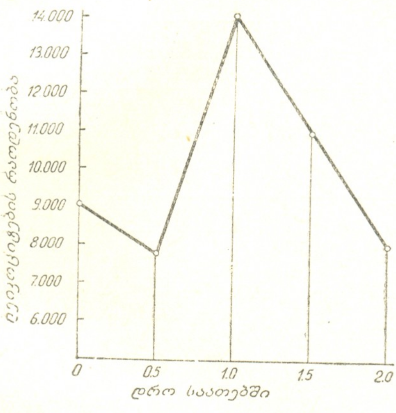
გამოკვლევის შედეგები

როგორც პირველი ცხრილი და მრუდი გვიჩვენებს, ნორმალური კუჭის კედლების დაჭიმვა 250 სმ³ ჰაერით იწვევს ლეიკოციტების რაოდენობრივ ცვლილებებს: მექანორეცეპტორების გაღიზიანებიდან 30 წუთის შემდეგ ყველა შემთხვევაში ადგილი აქვს ლეიკოციტების რიცხვის მცირე დაკლებას, რაც გაღიზიანების დაწყებიდან ერთი საათის შემდეგ ლეიკოციტოზით იცვლება (ლეიკოციტების რიცხვი საშუალოდ 3720 ერთეულით მატულობს). გაღიზიანების მოხსნის შემდეგ ლეიკოციტების რიცხვი სწრაფად კლებულობს და უკვე ცდის დაწყებიდან ორი საათის შემდეგ საწყისს ციფრებს უახლოვდება. ლეიკოციტურ ფორმულაში მკვეთრი ცვლილებები არ არის ნახული.

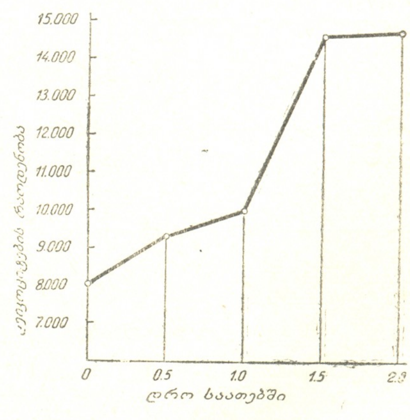
ცხრილი 1

ლეიკოციტების რაოდენობისა და ლეიკოციტური ფორმულის ცვალებადობა ჯანმრთელი ადამიანის კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანებასთან დაკავშირებით

გამოკვლევის დრო	ლეიკოციტების რაოდენობა	ეოზინოფილი	ბაზოფილი	ნეიტროფილური ლეიკოციტები: ყრმა	ჩხირ-ბირთვიანი	სეგმენტ-ბირთვიანი	საერთო რაოდენობა	ლიმფოციტი	მონოციტი
		პროცენტებში							
გაღიზიანებამდე	9000	4	—	0,5	4,5	64	69	20	7
გაღიზიანებიდან 1/2 საათის შემდეგ	7800	3,5	0,5	—	4	66	70	16	10
გაღიზიანებიდან 1 საათის შემდეგ	14000	4	—	—	5	67	72	17	7
გაღიზიანებიდან 1 1/2 საათის შემდეგ	11000	4	—	—	5	63	68	20	8
გაღიზიანებიდან 2 საათის შემდეგ	8000	2	—	—	4	67	71	20	7



მრუდი 1

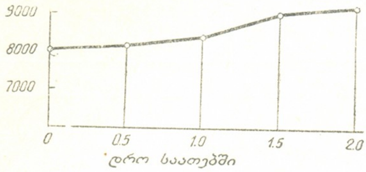


მრუდი 2

პირველი 5 შემთხვევის შედეგების ანალიზი უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანება ძირითადად ლეიკოციტების რაოდენობრივ ცვლილებებს იწვევს, ხოლო თვისებრივი ცვლილებები სუსტად არის გამოხატული. ამავე დროს აშკარა ხდება, რომ ლეიკოციტების რაოდენობის დაბრუნება საწყის რიცხვამდე (ჩვენს შემთხვევაში გაღიზიანების დაწყებიდან ორი საათის შემდეგ) ადამიანებში უფრო ჩქარა ხდება, ვიდრე ცხოველებში. ჩერნიგოვსკისა და იაროშევსკის მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ცხოველებში დროის ამ მონაკვეთის განმავ-

ლობაში ლეიკოციტების მატება ჯერ კიდევ ვერ აღწევს მაქსიმუმს, ეს უკანასკნელი კი ადასტურებს ფაქტს, რომ სისხლის შემადგენლობის მუდმივობის რეგულირება ადამიანში უფრო სრულია, ვიდრე ცხოველებში.

განსხვავებულ სურათს იძლევა წყლულოვანი დაავადების ნიადაგზე ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანება როგორც პერფორირებული წყლულის გაკერვის, ისევე რეზექციის შემთხვევებში. პირველი—ლეიკოპენიის ფაზა აქ გამოვარდნილია. ლეიკოციტების რაოდენობის შეცვლა ხდება მხოლოდ მათი მომატების გზით, მაგრამ ოპერაციის სახესთან დაკავშირებით თვით მატების ხარისხი განსხვავებულია.



მრუდი 3

პერფორირებული წყლულის გაკერვის ყველა შემთხვევაში (ცხრილი 2 და მრუდი 2) ლეიკოციტების რაოდენობა მთელი ცდის განმავლობაში მატულობს და დიდ რიცხვს აღწევს (იმატებს საშუალოდ 6000 ერთეულით). გაღიზიანების მოხსნის შემდეგ ლეიკოციტების რაოდენობა არ იკლებს, პირიქით, მატულობს

ცხრილი 2

ლეიკოციტების რაოდენობისა და ლეიკოციტური ფორმულის ცვალებადობა ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანებასთან დაკავშირებით; ოპერაციის სახე: პერფორირებული წყლულის გაკერვა

გამოკვლევის დრო	ლეიკოციტების რაოდენობა	ეოზინოფილი	ბაზოფილი	ნეიტროფილური ლეიკოციტები				ლიმფოციტი	მონოციტი
				ყრმა	ჩხირ-ბირთვიანი	სეგმენტ-ბირთვიანი	საერთო რაოდენობა		
		პროცენტებში							
გაღიზიანებამდე	8000	4	1	1	11	58	70	19	6
გაღიზიანებიდან $^1/_2$ საათის შემდეგ	9300	4	1	0,5	9,5	55	65	25	5
გაღიზიანებიდან 1 საათის შემდეგ	10000	1	—	—	8	60	68	25	6
გაღიზიანებიდან $1^1/_2$ საათის შემდეგ	14600	2	—	—	11	59	70	26	2
გაღიზიანებიდან 2 საათის შემდეგ	14700	3	1	—	6	60	66	25	5

და გაღიზიანებიდან $1\,^1/_2$ და 2 საათის შემდეგ მიღებული მონაცემები ერთმანეთს უახლოვდება ან უტოლდება. კონკრეტულად, მექანორეცეპტორების გაღიზიანების დაწყებიდან $1\,^1/_2$ საათის შემდეგ პერიფერიულ სისხლში ლეიკოციტების რაოდენობა გარკვეული დროის განმავლობაში სტაბილური ხდება.

რეზექციის შემდგომ შემთხვევებში (ცხრილი 3 და მრუდი 3) ლეიკოციტების მომატება მცირეა (საშუალოდ 1175 ერთეულით), ხოლო მატება ხდება დაკვირვების მთელი დროის განმავლობაში. ვფიქრობთ, რომ ამ შემთხვევაში ლეიკოციტების რაოდენობის ასეთი მცირე მატება რეზეცირებული კუჭის ნაწილთან ერთად მექანორეცეპტორების დიდი ველის მოცილებით უნდა აიხსნას.

რაც შეეხება ლეიკოციტების თვისებრივ ცვალებადობას, ფორმულაში ნახულია მცირე, მაგრამ კანონზომიერად მიმდინარე ლიმფოციტოზი, იგი

ცხრილი 3

ლეიკოციტების რაოდენობისა და ლეიკოციტური ფორმულის ცვალებადობა ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანებასთან დაკავშირებით; ოპერაციის სახე: კუჭის რეზექცია

გამოკვლევის დრო	ლეიკოციტების რაოდენობა	ეოზინოფილი	ბაზოფილი	ნეიტროფილური ლეიკოციტები				ლიმფოციტი	მონოციტი
				ყრმა	ჩხირ-ბირთვიანი	სეგმენტ-ბირთვიანი	საერთო რაოდენობა		
		პროცენტებში							
გაღიზიანებამდე	8000	2	1	—	8	58	66	25	6
გაღიზიანებიდან ½ საათის შემდეგ	8100	3,5	0,5	0,5	6,5	57	64	27	5
გაღიზიანებიდან 1 საათის შემდეგ	8400	2	—	1	8	57	66	27	5
გაღიზიანებიდან 1 ½ საათის შემდეგ	9000	2,5	0,5	0,5	4,5	55	60	28	9
გაღიზიანებიდან 2 საათის შემდეგ	9200	4	1	—	8	50	58	29	8

უნდა აიხსნას ორგანიზმის რეაქტიულობის შეცვლით. ამ შემთხვევაში ლიმფოიდური ქსოვილის მეტად გამოხატული რეაქციის მიზეზები შეიძლება სხვადასხვა იყოს. საკითხის დაზუსტება შესაძლებელი გახდება მხოლოდ ექსპერიმენტული მასალის დაგროვების შემდეგ, რაც ჩვენი მომავალი მუშაობის მიზანს შეადგენს.

ლიტერატურული მონაცემებისა და საკუთარი მასალის ანალიზის მიხედვით უნდა ვიფიქროთ, რომ ნორმალური და ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანების შედეგად სისხლში ლეიკოციტების ცვლილებები რთულ რეფლექსურ ხასიათს უნდა ატარებდეს, სადაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა დიდი ჰემისფეროების ქერქს მიეკუთვნება. მასში განვითარებული აგზნება-შეკავების პროცესებით, კერძოდ ნორმალური კუჭის კედლების დაჭიმვა (250 სმ³ ჰაერით) უნდა იწვევდეს ქერქში აგზნების პროცესს, რომელიც ასეთი დაჭიმვის ხანგრძლივობასთან დაკავშირებით შეკავებაში გადადის.

წყლულოვანი დაავადების ნიადაგზე ოპერირებული კუჭის პირობებში კი მექანორეცეპტორების გაღიზიანება აგზნების ნაცვლად ქერქში პირდაპირ შეკავების პროცესს იწვევს. უკანასკნელი ფაქტის მიზეზი, ვფიქრობთ, უნდა ვეძიოთ კუჭის ნერვულ-რეფლექსური მექანიზმების დაზიანებაში დიდი ჰემისფეროების ქერქის ჩათვლით, რაც ერთხელ კიდევ ადასტურებს კუჭის წყლულის პათოგენეზის კორტიკოვისცერალური თეორიის სისწორეს.

დასკვნები

ლიტერატურული და საკუთარი მასალის ანალიზის საფუძველზე მივდივართ შემდეგ წინასწარ დასკვნებამდე:

1. ნორმალური კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანება იწვევს პერიფერიულ სისხლში ლეიკოციტების რაოდენობრივ ცვლილებებს: ლეიკოპენიას შემდგომი ლეიკოციტოზით. ლეიკოციტების რიცხვი გაღიზიანების დაწყებიდან ორი საათის შემდეგ უბრუნდება საწყის დონეს;

2. წყლულოვანი დაავადების ნიადაგზე ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანება იწვევს ლეიკოციტების როგორც რაოდენობრივ, ისე თვისებრივ ცვლილებებს: პირველი გამოიხატება ლეიკოციტოზით, ხოლო მეორე—ლიმფოციტების მცირე, მაგრამ კანონზომიერად მიმდინარე მატებით. გაღიზიანების დაწყებიდან 2 საათის შემდეგ აღნიშნული მაჩვენებლები არ დადის საწყის სიდიდეებამდე;

3. რეზეცირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანებით მიღებული შედარებით მცირე ლეიკოციტოზი უნდა აიხსნეს რეზეცირებული კუჭის ნაწილთან ერთად მექანორეცეპტორების დიდი ველის მოცილებით;

4. ოპერირებული კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანებით მიღებული ლეიკოციტების (რაოდენობრივი და თვისებრივი) თავისებური და შედარებით ხანგრძლივი ცვლილებები, ვფიქრობთ, შედეგია ცენტრალური ნერვული სისტემის უმაღლესი ნაწილების ფუნქციონალური მდგომარეობის ჯერ კიდევ არსებული, თავისებური ცვლილებებისა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და
ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.11.1954)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. П. Павлов. Полн. собр. трудов, т. 2, 1946.
2. И. Т. Курцин. Механорецепторы желудка и работа пищеварительного аппарата. Изд. АН СССР, 1954.
3. В. Н. Черниговский. К физиологии интерорецепторов. Проблемы кортико-висцеральной патологии. Изд. АМН СССР. Москва, 1949.
4. В. Н. Черниговский. Вопросы нервной регуляции системы крови. Медгиз. Москва, 1953.
5. Г. Я. Одишвили, И. Н. Абакелия. Моторная деятельность желудка и лейкоцитоз. Сообщения АН ГССР, т. XIV, № 9, 1953.
6. Д. И. Гольдберг. Нервная регуляция кроветворения. Томск, 1952.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 3, 1955

ენათმეცნიერება

ქ. ლომთათიძე

პოტენციალისისა (შესაძლებლობისა) და უნებურობის კატეგორია აფხაზურ-აბაზურ ზმნაში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა არნ. ჩიქობავამ 29.12.1954)

პოტენციალისის კატეგორია დამახასიათებელია როგორც ქართველურ ენათა, ისე აფხაზურ-ადიღურ ენათა ზმნისათვის. პ. უსლარს, მართალია, ეს კატეგორია ცალკე არ გამოუყვია, მაგრამ ზ- (ბზიფ. ზ·) „თვის“ აფიქსის განხილვისას მიუთითა მის მსგავს ფუნქციაზე ([1], გვ. 64) და მართებულად აღნიშნა მისი კავშირი ქცევის ზ აფიქსთან [2].

პოტენციალისის ზ·- აფიქსი ფართოდაა გავრცელებული ზმნის უარყოფით წარმოებებში, მაგ.:

ამც ზნჷმზარ ზნჷჶაჳ დამჷრფჴაშარ ზჷყალომ ([3], № 867), ტყუილმა არ შეიძლება (არ იქნება) ერთხელაც არის ადამიანი არ შეარცხვინოს.

ზხჷ ზზჷმდჷრჶა ხაწაგ́ჷ დჷზცომ, ფჳიჷსგ́ჷ დიზააგომ ([3], № 508) ვინც თავის თავს არ იცნობს, ის ვერც გათხოვდება, ვერც ცოლს მოიყვანსო.

ეგ́ა უფარგ́გ, უძარა უზახჷფომ ([3], № 475) რაც უნდ იხტუნო (ახტე), შენს წელს ვერ გადაახტებიო.

შაყაზაწიჷკლა აგიარა უზჷშაშჶამ ([3], № 161) ერთი ბოძით ლობეს ვერ შეღობავო და სხვ.

დიუმეზილმა აღნიშნა, რომ პოტენციალისის ფორმები აფხაზურ ზმნაში გვხვდება დადებით წარმოებებშიო, როგორიცაა, მაგ., ისჷზიჶუეიტ („მე ვერ ვჭამ“) ([4], გვ. 210). ზმნის დადებით-ფინიტურ წარმოებებში პოტენციალისის კატეგორია მეტად იშვიათია. აქა-იქ იგი გვხვდება ტაპანთურსა ([5], § 43) და აშხარულში [6, § 37]. პირაქეთა დიალექტებში მსგავსი ფორმები შეიძლება შეგვხვდეს -ჰაა ნაწილაკითურთ: ისჷზ·ჶოჲტ ჰაა (სჷყამზტ) „(არ მეგონა), რომ შევიძლებ(დი) და შევჭამდი“ და სხვ. უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთ შემთხვევებში აღნიშნული ფინიტური წარმოებები პირობითს შინაარსს შეიცავენ.

პოტენციალისის კატეგორია გვხვდება აფხაზურ-აბაზური ზმნის შემდეგს დადებითს წარმოებებში:

კითხვითს ფორმებში, მაგ.:

აკჷრ ხარა იზხჷსჶოუ? ([7], გვ. 245) შეუძლია მას საკმაოდ შორს ისროლოს?

ნატვრითს კილოში, მაგ.:

ხიაჯა დანცოზგ́ჷ „სჷგიჷლა-ლ́ჷჩ იმაჰაკია სჷზცანდაზ ჰაა ოპ“ — დჷშადიჷქალა [აბჟუური ტექსტები]. „მოლა რომ მიდიოდა, ნეტავ ჩემი ქურდი მეზობ-

ლის გაუგონრად შევიძლო და წავიდეო—ამას ამბობდა რა, გაემართა“ და სხვ.

პირობითს კილოში, მაგ.: ჳარა უხჷ უზახიოზარ, ჳახი! [8, გვ. 54]. „შენ თუ შეგიძლია შენს თავს უშველო, უშველე!“.

ამგვარად, პოტენციალისის კატეგორია აფხაზურში დამახასიათებელია უარყოფითი წარმოებებისათვის. დადებითთაგან ჩვეულებრივ გვხვდება ინფინიტურ წარმოებებში (კითხვითს, პირობითსა და მსგავს ფორმებში).

ანალოგიური ვითარებაა ქართველურ ენებშიც [9].

პ. უსლარმა პოტენციალისის ზ (ზჷ) აფიქსი დაუკავშირა რა ქცევის ზ აფიქსს „თვის“-ის მნიშვნელობით, მისი ფუნქცია ზმნის უარყოფით ფორმებში ასე განმარტა: ისჷზჲჳამ—მე არ შემიძლია ვწერო, ე. ი. არ ვწერ რაღაც მიზეზის გამო, რაღაცის-თვის ([1], § 51). დიუმეზილმა ბუნდოვნად მიიჩნია უსლარის მიერ მოცემული კვალიფიკაცია ამ ფორმისა და აღნიშნა, რომ ის ვერ იძლევა დადებითი ფორმების ახსნასო ([4], გვ. 204).

ჯერ კიდევ პ. უსლარმა აღნიშნა, რომ რთულფუძიან ზმნებში, რომლებშიაც სუბიექტის ნიშანი ჩაისმის ფუძის შემადგენელ ელემენტებს შორის, ე. ი. პრევერბის შემდეგ, პოტენციალისის წარმოებისას ეს სუბიექტის ნიშანი გამოდის პრევერბის გარეთ, მაგ., „იყა-ს-წუამ“—„მე არ ვაკეთებ“, მაგრამ: ისზჲგყაწუამ“—„მე არ შემიძლია გავაკეთო“. ამაზე შორს არ წასულა არც დიუმეზილი, ოღონდ აღნიშნა, რომ ამ შემთხვევაში პრევერბი+ძირი გამოდის როგორც მთლიანი და რომ მსგავსი წარმოებები იულვლება C და G ჯგუფის (კლასის) გარდამავალ ზმნათა მსგავსადო ([4], გვ. 210); დიუმეზილის მიხედვით კი C და G ჯგუფებში შედის აბარა (იზბოიტ)—„ხედვა“ და აფყარა (იფჷსყოიტ)—„ჭრა“ ზმნები ([4], გვ. 156, 167). თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ პოტენციალისის აღნიშნული წარმოებები არ გვაძლევენ ისეთ უღვლილებას, რაც შეეფერება დიუმეზილის მიერ C და G ჯგუფებში გამოყოფილ გარდამავალ ზმნებს.

სპეციალურ ლიტერატურაში აღნიშნულია, რომ სუბიექტის ნიშნის ჩართვა რთული ზმნის ფუძეში ერთ-ერთი დამახასიათებელი ნიშანია ზმნის გარდამავლობისა ([10], გვ. 11—13). აღნიშნულია აგრეთვე, რომ უარყოფითი დახასიათებისას ეს დებულება უთუოდ არ გულისხმობს გარდაუვალ ზმნას. ასე მაგ., გარდამავალ აყაწარა „კეთება“ ზმნაში სუბიექტის ნიშანი ჩაისმის ფუძეში: ი-ყა-ს-წოიტ—„მე მას (რაღაცას) ვაკეთებ“, მაგრამ კაუზატივის წარმოებისას სუბიექტის ნიშანი გამოდის ფუძიდან და პრევერბისა და კაუზატივის აფიქსის წინ დაისმის: ი-უ-სჷ-რყაწოიტ—„მე შენ (მამაკ.) მას გაგაკეთებინებ“.

შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ ასეთივე მდგომარეობა გვაქვს პოტენციალისის წარმოების დროსო, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მხრივ ერთგვარობას ადგილი არ უნდა ჰქონდეს. ჯერ ერთი, სუბიექტის ნიშნის პრევერბის წინ გადმოსმა კაუზატივის წარმოებაში გვხვდება მხოლოდ ცალკეულ ზმნებში, რომლებშიაც დაჩრდილულია ზმნის ფუძის რთული ხასიათი (ასე მაგ., აყაწარა-ზმნაში) და ისიც გარკვეულს დიალექტებში (აშხარულს დიალექტში, მაგალითად, ეს მოვლენა არ დასტურდება), მაშინ როცა სუბიექტის ნიშნის

წინ გადმოსმა რთულფუძიან ზმნაში აუცილებელი ნორმაა ყველა რთულფუძიანი ზმნისათვის ყველა აფხაზურ-აბაზურ დიალექტში და მეორე (რაც არსებითია), სამპირიან გარდამავალ ზმნებში პოტენციალისის წარმოებისას ირღვევა პირის ნიშანთა ჩვეულებრივი თანამიმდევრობა.

როგორც ცნობილია, სამპირიან გარდამავალ ზმნაში ასეთი თანამიმდევრობაა პირის ნიშნებისა: პირდაპირი ობიექტი, შემდეგ—ირიბი ობიექტი, და შემდეგ—მესამე ადგილზე—სუბიექტი: ი-უ̂ა-ს-ჰომ „მას (რაღაცას)-შენ (მამაკ.)-მე-არ გეუბნები, არ გეტყვი“. პოტენციალისის წარმოებისას კი ამავე ზმნაში სუბიექტის ნიშანი მესამე ადგილიდან გადმოინაცვლებს მეორე ადგილზე და ვიღებთ ასეთ თანამიმდევრობას:

ი-სჷ-**ზ**-უ̂ა-ჰომ — „მას-**მე**-შენ ვერ გეტყვი“ [10] შდრ. მაგალ.:

უ̂არა უ̂აწკ̌ჷს სარა სეჳჰაუპ, ამჳა **სჷ**ზ-უ-თომ!—„მე შენზე (მამაკ.) უფროსი ვარ, გზას მე შენ ვერ მოგცემ“ ([8], გვ. 74), შდრ. ჩვეულებრივი უარყოფითი ფორმა: ი-უ-**ს**-თომ! „მას-შენ-მე არ მოგცემ!“

შმლაცკ ჯარამზარ ჯარა ი-უ-ზ-ი-ღბალომზტ—„შენ (მამაკ.) ვერ აღმოუჩენდი (დაუნახავდი) მას ერთ ღერ თეთრ (თმასაც)“ ([7], გვ. 228).

შდრ. ჩვეულებრივი უარყოფითი ფორმა: ი-ი-ღ-უ-ბალომ „მას (რაღაცას) მას (მამაკაცს) შენ (მამაკ.) არ აღმოუჩენ (დაუნახავ, შენიშნავ)“ და სხვ.

ზემოგანხილული მოვლენის ახსნას აფხაზურში შეეცადა ალ. ლეკიაშვილი თავის წერილში „აფხაზური ზმნის პოტენციალისის ფორმის შესახებ“ [11]. მისი აზრით, პოტენციალისის კატეგორიის წარმოებისას გარდამავალსა და გარდაუვალს ზმნებში განსხვავებული ვითარება დასტურდება. გარდაუვალ ზმნებში, ისევე როგორც ამას ფიქრობდა პ. უსლარი, ზ (ზ,) აღნიშნავს „თვის“-ს: სჷზ-ცომ—„(რაღაცის)-თვის, (რაღაცის) გამო არ მივდივარ“, „ვერ მივდივარ“, ხოლო რაც შეეხება გარდამავალ ზმნებს, აქ პოტენციალისის ფორმები უნდა წარმოადგენდეს *იდჷრუამ, *იააგომ და სხვ. გარდაუვალ, ვნებითი გვარის ფორმათა ქცევიან (კუთვნილების (-ზ—„თვის“ ელემენტიან) სახეობებს: ასე მაგ.: *იააგომ—„არ მოიტანება“, მაგრამ პოტენციალისი: ისზააგომ „არ მომეტანება“—„ვერ მომაქვს“ და სხვა.

სუბიექტის პირის გადანაცვლება კი (შდრ. ისჷზუთომ) იმითია გამოწვეული, რომ **ზ** (ზ,) აქ ქცევის აფიქსია, რომელსაც გარკვეული ადგილი უჭირავს, მის წინ დაისმის იმ პირის ნიშანი, რომელსაც ზმნის მოქმედება განეკუთვნება. გარდამავალი ზმნის პირდაპირი ობიექტი კი პოტენციალისის ფორმაში სუბიექტად იქცევა.

პოტენციალისის წარმოების აქ წარმოდგენილი ახსნა სავსებით ახალი თვალსაზრისით სვამს პოტენციალისის კატეგორიის საკითხს აფხაზურში, თუმცა ძნელია მთლიანად გავიზიაროთ ავტორის ზემომოყვანილი მსჯელობა.

ვფიქრობთ, რომ ამ შემთხვევაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სუბიექტის ნიშნის ადგილმდებარეობას. სამპირიან გარდამავალ ზმნებში სუბიექტის ნიშანი დაისმის მესამე ადგილზე და რთულფუძიან გარდამავალ ზმნებში სუბიექტის ნიშანი ჩაისმის რთულ ფუძეში. ეს წესი ირღვევა

სწორედ პოტენციალისის ფორმებში, რითაც გარდამავალი ზმნა იქცევა გარდაუვალ ზმნად. ამის გამო, ვფიქრობთ, არ არის აუცილებლობა დავუშვათ აფხაზურ ენაში არსებობა არარეალური ვნებითი ფორმებისა *იდგრუამ, *იააგომ და სხვ., რომელთა ქცევის ფორმებად მიიჩნევს ავტორი ისგზდგრუამ, ისზგყაწომ, ისზგუთომ და სხვა ფორმებს.

პოტენციალისის აფიქსი ზ ამჟამად უკვე მკვეთრად განსხვავდება როგორც გამოყენების წესით, ისე თავისი ფუნქციით (აფხაზურ-აბაზური ზმნის) ქცევის ზ აფიქსისაგან. ქცევის აფიქსი არ გვხვდება ერთპირიან ზმნებში. იგი გვაქვს ოდენ ირიბობიექტიან ზმნაში და დაკავშირებულია ირიბი ობიექტის პირთან[1]: ქცევის აფიქსი ერთნაირად დასტურდება როგორც დადებითს, ისე უარყოფითს ფორმებში.

პოტენციალისის აფიქსი კი გვხვდება ყველა ზმნაში და, რაც დამახასიათებელია, დაკავშირებულია ზმნის რეალურ სუბიექტთან (სულ ერთია, ერთპირიანი იქნება ზმნა თუ მრავალპირიანი); პოტენციალისის აფიქსი უმეტესად დასტურდება ზმნის უარყოფითსა და ინფინიტურს ფორმებში.

რაც შეეხება პოტენციალისის ზ აფიქსის თითქოს განსხვავებულ გამოყენებას გარდაუვალსა და გარდამავალ ზმნებში, უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მოვლენა აფხაზურ-აბაზურ ენაში არ დასტურდება. ერთგვარად გამოიხატება ეს კატეგორია ყველა ზმნაში, ერთგვარად უკავშირდება პოტენციალისის ზ პრეფიქსი რეალურ სუბიექტს როგორც გარდამავალ, ისე გარდაუვალ ერთპირიან ზმნებში და ორსავე შემთხვევაში იწვევს ზმნის ინვერსიულ წყობას. ზმნის ეს ინვერსიული წყობა თავის მორფოლოგიურ გამოხატულებას პოულობს გარდამავალ ზმნაში, ისიც გარკვეულ შემთხვევაში (რთული ფუძის ზმნაში; სამპირიან ზმნაში): გრამატიკული სუბიექტი იქცევა ირიბ ობიექტად (დაისმის მეორე ადგილას, ირიბი ობიექტის ადგილას). რომ ინვერსიულ წყობას შესაძლოა ადგილი აქვს გარდაუვალ ზმნებშიაც, მტკიცდება მონათესავე ენათა მონაცემებითაც, სადაც მსგავს ფორმებში (რეალური) სუბიექტი წარმოდგენილია ობიექტური პირის ნიშნებით, შდრ. ქართ. „აქ არ დამედგომება“ და სხვ.

ვფიქრობთ, ასეთივე მოვლენაა აფხაზურ-აბაზურ გარდაუვალ ზმნაშიაც (დგ-ზ ტომ — „ის (ადამ.) ვერ ჯდება“, „მას (ადამ.) არ დაეჯდომება“) იმ განსხვავებით, რომ აფხაზურ-აბაზურ ზმნაში სუბიექტ-ობიექტის ნიშანთა განუსხვავებლობის გამო ეს სტრუქტურული ცვლილება ვერ პოვებს მორფოლოგიურ გამოხატულებას. როგორც ზემოთ დავრწმუნდით, ამავე მიზეზით მორფოლოგიურ გამოხატულებას ეს მოვლენა ყოველთვის ვერ ახერხებს ვერც გარდამავალ ზმნაში.

პოტენციალისის კატეგორია მომდინარეობს ქცევის კატეგორიისაგან და ამდენადვე დამახასიათებელია პოლიპერსონალური, კერძოდ, გარდამავალი ზმნისათვის. უნდა

[1] მხედველობაში არ ვიღებთ საგანგებო კითხვითს ფორმებს.

ვიფიქროთ, გარდამავალი, პოლიპერსონალური ზმნიდან შემდგომში იგი გავრცელდა გარდაუვალ ზმნებში.

ალბათ ამით აიხსნება ის განსხვავება პოტენციალისის წარმოებისას, რაც დასტურდება ადიღურ ენებში გარდამავალ და გარდაუვალ ზმნათა შორის; შდრ. ყაბარდ. გარდამავალი ზმნა ს-‘ხ⁰ ჯ-თხყგმ — „მე ვერ ვწერ“ და გარდაუვალი ზმნა სგყ⁰ა-ф-ყგმ — „ვერ მივდივარ“. ამ შემთხვევაში ყურადღებას იქცევს ის ფაქტი, რომ ადიღურს გარდაუვალს ზმნაში პოტენციალისის კატეგორია გამოხატულია სუფიქსით.

ვარაუდი, რომ როგორც გარდამავალ, ისე გარდაუვალ ზმნებში პოტენციალისის წარმოებისას უნდა დასტურდებოდეს ერთნაირი ვითარება და რომ პოტენციალისის აფიქსი თავისი ფუნქციით უკავშირდება რეალური სუბიექტის პირს, სარწმუნო ხდება აფხაზურში არსებული ერთ-ერთი ზმნური წარმოების მაგალითზე, რომელსაც შეიძლება უნებურობის კატეგორია ეწოდოს.

ეს კატეგორია იწარმოება (ა)მხა- ‖ (ა)მჴა- ‖ (ა)მაჴა-(1 პრეფიქსის საშუალებით. იგი გადმოსცემს რეალური სუბიექტის მიერ უნებურად ჩადენილ მოქმედებას. ძალზე საყურადღებოა, რომ მაჴა- → მხა- პრეფიქსის დამოკიდებულება ზმნის ფორმასთან და სუბიექტის ნიშნებთან სავსებით ისეთივეა, როგორიც პოტენციალისის წარმოებისას. მაგ., დცეჲტ — „ის (ადამ.) წავიდა“, მაგრამ დ-ამხა-ცეჲტ — „ის (ადამ.) უნებურად წავიდა“, დჷცოეჲტ — „მან (ადამ.) დაიძინა“, მაგრამ დ-ამხა-ციეჲტ — „მან უნებურად ჩაიძინა“; შდრ. ქართ. „მას ჩაეძინა“ და ა. შ.

მაგალითები:

ზეგ̆ჷ შიანდიჷქილა სარგ̆ჷ ს-ამხა-შიჷშთალტ ([12], გვ. 32) — თქვენ ყველანი რომ გაემართეთ (გაემგზავრეთ), მეც უნებურად გამოგყევით (გამოგედევნეთ).

ჲაალგიალაშიეჲტ მეზ იჭჷ ჲ-ამხა-ჰიაზ ([12], გვ. 38) — მას (მამაკ.) მოაგონდა, რაც მეზს უთხრა უნებურად.

იზგიამთაძაკიაა ირაციანჷ ჲ-ამხა-ჶეჲტ ([13], გვ. 141) — შეუმჩნევლად ბევრი შეჭამა უნებურად; შდრ. ქართ. შემოეჭამა.

ილჷ-მჴა-ჶახტ ([5], ტექსტები, გვ. 131, $_{19}$) — მას (ქალს) უნებურად შემოეჭამა ის (რაღაც).

ილჷ მაჴა-ჶე ([6], ტექსტები, გვ. 68, $_{18}$) — მას (ქალს) უნებურად შემოეჭამა ის (რაღაც) და სხვ.

სამპირიან გარდამავალ ზმნებში და აგრეთვე რთულფუძიან გარდამავალ ზმნებში (ა)მხა- პრეფიქსიც ისეთსავე ცვლილებებს იწვევს, რასაც პოტენციალისის ზ- პრეფიქსი. მაგ., იყა-ს-წეჲტ — („ის (ნივთ. კლ.) მე გავაკეთე“) ზმნისაგან ვიღებთ ფორმას ი-ს-ამხა-ყაწეჲტ — „ის (ნივთთა კლ.) მე უნებურად გავაკეთე“ (შდრ. ისზჷყამწეჲტ); ი-უ-ს-თეჲტ — („ის (რაღაც) მე შენ (მამაკ.) მოგეცი“) ფორმისაგან ვიღებთ: ი-ს-ამხა-უ-თეჲტ-ს — „ის (რაღაც) მე უნებურად შენ მოგეცი“ (შდრ. ისზჷ-უმთეჲტ) და სხვ.

(1 (ა)მაჴა-პრეფიქსი, უნდა ვიფიქროთ, შედგება ორი (ა)მა და ჴა ნაწილისაგან, რომელშიაც მა- ელემენტი „ხელის“ აღმნიშვნელი ძირი ჩანს.

ამ შემთხვევაშიაც რთულფუძიან გარდამავალ ზმნებში სუბიექტის ნიშანი ფუძის გარეთ გამოდის და დაისმის პრევერბის წინ, ხოლო სამპირიან გარდამავალ ზმნებში, ჩვეულებრივი პირთა თანამიმდევრობის საწინააღმდეგოდ, სუბიექტის ნიშანს უჭირავს მეორე ადგილი (ე. ი. ირიბი ობიექტის ადგილი), რაც იმ გარემოებაზე უნდა მიუთითებდეს, რომ ადგილი აქვს ინვერსიას.

გარკვეული მნიშვნელობით პოტენციალისის კატეგორიას უნდა უკავშირდებოდეს უნებურობის კატეგორიაც. ამ მხრივ გასათვალისწინებელია ის ვითარება, რაც თავს იჩენს ქცევის კატეგორიის გამოხატვისას აფხაზურ-აბაზურ ზმნაში. აფხაზურში ქცევის კატეგორიის ანალიზისას ჩვენ მიერ გამოყოფილ იქნა ორი საპირისპირო მნიშვნელობა: ერთი, რომელიც გამოხატულია ზ, პრეფიქსით და ატარებს „დანიშნულების“, „თვის“-ის მნიშვნელობას, მეორე კი, რომელიც გამოხატულია ცо- პრეფიქსით და რომელსაც აქვს საწინააღმდეგო მიმართულების გამოხატვის შინაარსი, ირიბი ობიექტის სურვილის საწინააღმდეგოდ ჩადენილი მოქმედების შინაარსი [2]. მათი ასეთი დაპირისპირებული ხასიათი კარგად ჩანს შემდეგ მაგალითზე:

ის-ზ-ააჲგეჲტ—„ის (რაღაც) მე მან (მამაკ.) მომიტანა
(ჩემთვის, ჩემად მოიტანა)“.

და

ის-ცо-იგეჲტ—„ის (რაღაც) მე მან (მამაკ.) წამიღო
(ჩემგან წაიღო: წამართვა)“.

კითხვა ისმის: ხომ არა გვაქვს აფხაზურ-აბაზურ ზმნაში ორგვარი გამოხატვა პოტენციალისის კატეგორიისაც, ერთი მხრივ, ზ,- პრეფიქსიანი და, მეორე მხრივ, (ა)მხა (←მაჴა)- პრეფიქსიანი?[1]

შდრ. ის-ზჷ-ყამწეჲტ—„ის (რაღაც) მე ვერ გავაკეთე“
(არ „გამიკეთდა“, არ „გამეკეთა“)

და

ის-(ა)მხა-ყაწეჲტ—„ის (რაღაც) მე უნებურად გავაკეთე“
(ის მე უნებურად „გამიკეთდა“, „გამეკეთა“)

ან:

ი-სჷ-ზ,-ჸა-მჰоეჲტ—„ის (რაღაც) მე შენ ვერ გითხარი“

და

ის-ამხა-ჸა-ჰоეჲტ—„ის (რაღაც) მე შენ უნებურად
გითხარი (წამომცდა)“ და სხვ.

საყურადღებოა, რომ პირველი მათგანი (ისზჷყამწეჲტ, ისჷზ,ჸამჰоეჲტ) უმთავრესად უარყოფითი წარმოებისათვის არის დამახასიათებელი (მე ვერ

([1] ზ, (პოტენციალისისა და ქცევის) აფიქსის მსგავსად გარკვეული შინაარსით ფუნქციურად ერთმანეთს უახლოვდება ქცევის ცо- პრეფიქსი და უნებურობის კატეგორიის (ა) მჴა- →(ა)მხა- პრეფიქსი. ეს დასტურდება კონტამინირებული ფორმების არსებობითაც, რომლებშიც ერთნაირი ფუნქციით გამოდის ცо- და (ა)მხა-; შდრ. ი-ს-ცо-ამხა-ჶეჲტ—„ის (რაღაც) მე უნებურად შემომეჭამა“ და სხვ.

გავაკეთე, მე ვერ გითხარი), ხოლო მეორე — (ისამხაყაწეჲტ) — დატებითი-სთვის (ის მე უნებურად გავაკეთე)[1].

ქცევის კატეგორია უკავშირდება ირიბ ობიექტს, პოტენციალისის ფორმა კი, — როგორც ზ- პრეფიქსიანი, ისე (ა)მხა პრეფიქსიანი — უკავშირდება ზმნის რეალურ სუბიექტს, ამასთანავე[2], როგორც უკვე დავრწმუნდით, ამ ფორმებში სუბიექტის პირი გაგებულია როგორც ირიბი ობიექტის პირი და ზმნაც (თუ საქმე გვაქვს გარდამავალ ზმნასთან) კარგავს გარდამავლობას.

აღნიშნულ წარმოებებში გარდამავალი ზმნის გარდაუვლად და გრამატიკული სუბიექტის გრამატიკულ ობიექტად გადაქცევის ფაქტში ვლინდება ვნებითი გვარის ჩანასახიც. ვნებითი გვარის, პოტენციალისისა და ქცევის კატეგორიები ერთმანეთთან არიან დაკავშირებულნი. ეს მტკიცდება ქართველურ ენათა მონაცემებითაც [9]. ყველა ეს კატეგორია შედარებით გვიანდელი წარმონაქმნია. გვარის კატეგორია, უნდა ვიფიქროთ, მომდინარეობს პოტენციალისის კატეგორიიდან, ხოლო ეს უკანასკნელი — ქცევის კატეგორიიდან.

თვით ქცევის კატეგორია კი ჩასახული ჩანს ზმნის პოლიპერსონალიზმის საფუძველზე ქართველურსა და აფხაზურ-ადიღურ ენებში, რითაც აიხსნება ამ ენათა ერთიანობა აღნიშნულ კატეგორიათა მიხედვით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 4.1.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. П. Услар. Этнография Кавказа. I. Абхазский язык. Тифлис, 1887.
2. ქ. ლომთათიძე. ქცევის კატეგორია აფხაზურ ზმნაში. სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, ტ. XXX, 1947.
3. Д. Гулиа. Сборник абхазских пословиц (აფხაზურ ენაზე). Сухум, 1939.
4. G. Dumézil. Etudes Comparetives sur les Languos Caucasiennes du Nord-Ouest (Morphologie). Paris. 1932.
5. ქ. ლომთათიძე. აფხაზური ენის ტაპანთური დიალექტი (ტექსტებითურთ). თბილისი, 1944.
6. ქ. ლომთათიძე. აშხარული დიალექტი და მისი ადგილი სხვა აფხაზურ-აბაზურ დიალექტთა შორის (ტექსტებითურთ). თბილისი, 1954.
7. ი. პაპასკირი. თემურ (აფხაზურ ენაზე). სოხუმი, 1954.
8. დ. გულია. აფსუა ბჷზშəა (აფხაზურ ენაზე). სოხუმი, 1935.
9. არნ. ჩიქობავა. პოტენციალისის კატეგორია ქართველურ ენებში. ენიმკის მოამბე, ტ. 1, 1937.
10. ქ. ლომთათიძე. გარდამავლობის კატეგორია აფხაზურ ზმნებში. ენიმკის მოამბე, ტ. XII, 1942.
11. ალ. ლეკიაშვილი. აფხაზური ზმნის პოტენციალისის ფორმის შესახებ. იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერება. II, თბილისი, 1948.
12. ი. პაპასკირი. ხჲმურ ლეშვა (აფხაზურ ენაზე). სოხუმი, 1949.
13. დ. გულია. აჲიაბჷ კჲაჭჲუა (აფხაზურ ენაზე). სოხუმი, 1942.

---

[1] უნებურობის კატეგორია უარყოფით წარმოებებშიც შეიძლება შეგვხვდეს, მაგრამ ჩვეულებრივ ნატვრითისა და თურმეობითის ფორმებში, მაგ.: ის-ამხა-მ-ჰაზააჲტ! „ნეტავ არ წამომცდებოდეს!" და სხვ.

[2] გარკვეულ გარდაუვალ ზმნებში იგი (ამხა-) შეიძლება ირიბ ობიექტთანაც შეგვხვდეს

რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 24.3.1955; შეკვ. № 150; ანაწყობის ზომა 7×11;
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 6;
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 5; უე 01598; ტირაჟი 800.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, აკ. წერეთლის ქ. № 3/5
Типография Издательства Академии Наук Грузинской ССР, ул. Ак. Церетели, № 3/5

ფასი 5 მან.

დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
22.10.1947

დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.

3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), გარდა ივლის-აგვისტოს თვისა — ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 5 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ერთი წლის ყველა ნაკვეთი (სულ 10 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.

4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს. არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

6. მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.

7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ სავსებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოუდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთავსებული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძერჟინსკის ქ., 8

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XVI, № 3, 1955

Основное, грузинское издание