UOGÓLNIENIE LOKALNEJ TEORII CIAŁ KLAS

Przemysław Chojecki

Uwaga: Notatki są w fazie wstępnej. Wiele aspektów teorii jest bądź pominięta, bądź niewystarczająco wyjaśniona. Szczególnie tyczy się to rozdziału "'Geometria"'.

1. Lokalna teoria ciał klas jako odpowiedniość Langlandsa

Niech K będzie ciałem lokalnym charakterystyki 0, $\mathcal{O} = \mathcal{O}_L$ pierścieniem liczb całkowitych w K, $k = \mathcal{O}/\mathfrak{p}$ ciałem rezydualnym charakterystyki p. Lokalna teoria ciał klas daje nam homomorfizm:

$$Art_K : K^\times \to Gal(K^{ab}/K)$$

który jest izomorfizmem na $W_K^{ab} = \{\sigma \in Gal(K^{ab}/K) | \sigma_{|K^{ur}} \in Frob_K^{\mathbb{Z}}\}$. Niech $rec = Art^{-1} : W_K^{ab} \to K^\times$ i niech $W_K = \{\sigma \in Gal(\bar{K}/K) | \sigma_{|K^{ur}} \in Frob_K^{\mathbb{Z}}\}$.

Zauważmy, że na $Gal(\bar{K}/K)$, więc i na $Gal(K^{ab}/K)$, W_K i W_K^{ab}, możemy zadać topologię. Mamy bowiem

$$Gal(\bar{K}/K) = \varprojlim_{L/K \text{ skończone}} Gal(L/K)$$

Obdarzając więc $Gal(L/K)$ topologią dyskretną, mamy na $Gal(\bar{K}/K)$ topologię granicy odwrotnej zdefiniowaną jako najsłabsza topologia przy której wszystkie przekształcenia $Gal(M/K) \to Gal(L/K)$ indukowane przez $L \subset M$ są ciągłe. Jest to topologia Krulla.

Lokalną teorię ciał klas możemy interpretować jako bijekcję (gdzie $l \neq p$):

$$\{\text{1-wymiarowe ciągłe reprezentacje } K^\times \to \bar{\mathbb{Q}}_l\} \leftrightarrow \{\text{1-wymiarowe ciągłe reprezentacje } W_K \to \bar{\mathbb{Q}}_l\}$$

wobec tego, że $\chi : K^\times \to \bar{\mathbb{Q}}_l$ możemy posłać na charakter $\chi \circ rec : W_K \to \bar{\mathbb{Q}}_l$, który jest trywialny poza W_K^{ab}. Wystarczy jeszcze zauważyć, że każdy charakter W_K faktoryzuje się przez W_K^{ab}.

W dodatku ta bijekcja jest jedyna, gdy zażąda się zgodności L-funkcji i ϵ-czynników. Wytłumaczmy pierwszy warunek. Charakter $\chi : K^\times \to \bar{\mathbb{Q}}_l$ nazywamy nierozgałęzionym gdy $\chi_{|I} = 1$, gdzie I jest grupą inercji. Definiujemy

$$L(\chi, s) = (1 - \chi(\pi)q^{-s})^{-1}$$

gdy χ jest charakterem nierozgałęzionym (tu π oznacza uniformizator $\mathcal{O}$) i $L(\chi, s) = 1$ w przeciwnym razie. Dla charakteru $\tau : W_K \to \bar{\mathbb{Q}}_l$ definiujemy

$$L(\tau, s) = det(I - q^{-s}\tau(Frob_K)|K^{nr})^{-1}$$

gdzie K^{nr} jest maksymalnym nierozgałęzionym rozszerzeniem K. Można zauważyć, że gdy $\tau = \chi \circ rec$ to

$$L(\tau, s) = L(\chi, s)$$

Podobnie ma się sytuacja z ϵ-czynnikami, których definicje pominiemy. Warunek zgodności zgodności L-funkcji i ϵ-czynników jest ważny dla wyżej wymiarowej odpowiedniości Langlandsa.

Powstaje naturalne pytanie: jak wygląda sytuacja dla nieabelowych rozszerzeń ciał lokalnych? Można do tego pytania podejść na dwa sposoby. Po pierwsze można pytać o przekształcenie Artina dla rozszerzeń nieabelowych. Tego wątku nie będziemy poruszać, odsyłając czytelnika do pracy [**IS**]. Drugim sposobem jest zaobserwowanie, że skoro charaktery (czyli 1-wymiarowe reprezentacje),

charakteryzują $Gal(K^{ab}/K)$, to w ogólności, by opisać $Gal(\bar{K}/K)$ należy opisać wszystkie skończenie wymiarowe reprezentacje $Gal(\bar{K}/K)$. Interesują nas więc n-wymiarowe reprezentacje grupy W_K i w dalszych rozważaniach ograniczymy się do $n = 2$.

Lokalna odpowiedniość Langlands w tym przypadku mówi, że istnieje bijekcja:

$$\{\text{2-wymiarowe ciągłe reprezentacje } W_K\} \leftrightarrow \{\text{nierozkładalne, dopuszczalne reprezentacje } GL_2(K)\}$$

i bijekcja ta jest jedyna, gdy zażąda się zgodności L-funkcji i ϵ-czynników. Wytłumaczmy oznaczenia:

Reprezentacja jest nierozkładalna jeśli nie zawiera w sobie żadnej właściwej podreprezentacji.

Reprezentację (π, V) grupy $GL_2(K)$ na $\bar{\mathbb{Q}}_l$-przestrzeni wektorowej V nazywamy gładką jeśli dla każdego $v \in V$ stabilizator $Stab(v) = \{g \in GL_2(K) | \pi(g)v = v\}$ jest otwartą podgrupą $GL_2(K)$.

Reprezentacja (π, V) jest dopuszczalna (ang. admissible) jeśli jest gładka i dla każdej otwartej podgrupy $U \subset GL_2(K)$, przestrzeń V^U (punkty stałe przy działaniu U) jest skończonego wymiaru.

2. Indukcja z przypadku 1-wymiarowego

Łatwiejszą część 2-wymiarowej odpowiedniości można wydedukować z przypadku 1-wymiarowego o czym teraz powiemy. Niech $\alpha, \beta : K^\times \to \bar{\mathbb{Q}}_l$ będą dwoma ciągłymi charakterami. Zdefiniujmy:

$$V = V(\alpha, \beta) = \{f : GL_2(K) \to \bar{\mathbb{Q}}_l \text{ takie że } f(\left(\begin{smallmatrix} a & x \\ 0 & b \end{smallmatrix}\right)g) = \alpha(a)\beta(b)|\frac{a}{b}|^{1/2} f(g) \forall_{a,b \in K^\times} \forall_{x \in K} \forall_{g \in GL_2(K)}\}$$

i $GL_2(K)$ działa na V przez $(g \cdot f)(g') = f(g'g)$. To czyni z V dopuszczalną reprezentację $GL_2(K)$. W dodatku, można pokazać, że gdy $\alpha\beta^{-1} \neq |\cdot|^{\pm}$ (gdzie $|\cdot|$ oznacza normę) to V jest nierozkładalna. Lokalna odpowiedniość Langlandsa dla $n = 2$ posyła:

$$\chi_1 \oplus \chi_2 \mapsto V(\chi_1 \circ rec, \chi_2 \circ rec)$$

gdzie $\chi_1, \chi_2 : W_K \to \bar{\mathbb{Q}}_l$ są charakterami grupy Weila, więc ich suma jest dwuwymiarową reprezentacją W_K.

$V(\alpha, \beta)$ jest przykładem indukcji parabolicznej, która jest ogólnym narzędziem teorii reprezentacji. Reprezentacje, które nie są izomorficzne z indukcją paraboliczną iloczynu tensorowego dwóch charakterów nazywamy superostrzowymi (ang. supercuspidal). Ten warunek oznacza, że jeśli σ jest superostrzowa to nie istnieją charaktery $\alpha, \beta : K^\times \to \bar{\mathbb{Q}}_l$ i surjekcja $V(\alpha, \beta) \to \sigma$. Reprezentacje superostrzowe GL_2 odpowiadają nierozkładalnym reprezentacjom W_K. Są dwa sposoby by zdefiniować odpowiedniość Langlandsa dla reprezentacji superostrzowych. Pierwsza jest czysto algebraiczna i zainteresowanego czytelnika odsyłamy do książki [**BH**], gdzie jest ona jasno wytłumaczona. Druga jest geometryczna i naszkicujemy ją poniżej.

3. Geometria

Krzywą eliptyczną E nad schematem S nazywamy właściwy, gładki, S-schemat relatywnego wymiaru 1 o włóknach geometrycznie spójnych i genusu 1, który obdarzony jest cięciem $e : S \to E$ morfizmu strukturalnego $\pi : E \to S$.

Definiujemy funktor $Y(Np^m)$ (gdzie $(N, p) = 1$, a R jest $\mathbb{Z}[\frac{1}{N}]$-algebrą):

$$R \mapsto \{(E, \phi, \alpha) | E/R \text{ krzywa eliptyczna }, \phi : (\mathbb{Z}/p^m\mathbb{Z})^2 \simeq E[p^m](R),$$
$$\alpha : \mathbb{Z}/N\mathbb{Z} \to E[N](R) \text{ gdzie } \sum_a [\alpha(a)] \text{ jest podschematem E } \}/\simeq$$

Można pokazać, że funktor $Y(Np^m)$ jest reprezentowalny przez $\mathbb{Z}[\frac{1}{N}]$-schemat, który także oznaczamy przez $Y(Np^m)$ i nazywamy krzywą modularną poziomu Np^m. Krzywa $Y(Np^m)$ nie jest zwarte, ale daje się uzwarcić do krzywej $X(Np^m)$ przez dodanie skończonej liczby punktów ("'ostrzy"'). Na $Y(Np^m)$ mamy trójkę uniwersalną:

$$(\mathbb{E}, \phi_u, \alpha_u) \to Y(Np^m)$$

to znaczy, $\mathbb{E}$ jest $Y(Np^m)$-krzywą eliptyczną obdarzoną strukturą (ϕ_u, α_u) i jest to krzywa uniwersalna, i.e. dla każdej punktu $(E, \phi, \alpha) \in Y(Np^m)$ istnieje dokładnie jeden morfizm $f : E \to \mathbb{E}$ taki, że $(E, \phi, \alpha) = (f^*\mathbb{E}, f^*\phi, f^*\alpha)$.

Niech $\omega = e^*\Omega^1_{\mathbb{E}/Y(Np^m)}$. Jest to snop odwracalny na $Y(Np^m)$. Możemy go przedłużyć do $X(Np^m)$, co czynimy.

Formą modularną poziomu N i wagi k nad R nazywamy cięcie $\omega^{\otimes k}$, tzn. element $H^0(X(N)(R), \omega^{\otimes k})$. Formy modularne możemy interpretować jako funkcje na parach $(E/S/R, \alpha)$. Gdy $R = \mathbb{C}$, sytuacja się upraszcza i odzyskujemy klasyczną definicję: formą modularną na $\mathbb{C}$ są funkcje $f : \mathbb{H} = \{z \in \mathbb{C} | im(z) > 0\} \to \mathbb{C}$, które są

(1) holomorficzne

(2) $\forall_{\left(\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}\right) \in SL_2(\mathbb{Z})/\Gamma_1(N)} f(\frac{az+b}{cz+d}) = (cz+d)^k f(z)$, gdzie $\Gamma_1(N) = \{\left(\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}\right) \in SL_2(\mathbb{Z}) | \left(\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}\right) \equiv \left(\begin{smallmatrix} 1 & * \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}\right) \mod N\}$

(3) f jest holomorficzna gdy $z \to i\infty$.

Żeby dostać tę interpretację należy sobie przypomnieć, że krzywe eliptyczne nad $\mathbb{C}$ są postaci $E \simeq \mathbb{C}/\Lambda$, gdzie Λ jest kratą postaci $\mathbb{Z} \oplus \tau\mathbb{Z}$.

Każdej formie modularnej f można przyporządkować reprezentację automorficzną π_f czyli dopuszczalną reprezentację $GL_2(\mathbb{A})$, która spełnia pewne dodatkowe warunki. Tutaj $\mathbb{A} = \mathbb{R} \times \prod_l' \mathbb{Q}_l$ oznacza adele. W dodatku ta reprezentacja zapisuje się jako $\pi_f = \otimes_l' \pi_{f,l}$ gdzie $\pi_{f,l}$ jest nierozkładalną dopuszczalną reprezentacją $GL_2(\mathbb{Q}_l)$.

Konstrukcja jest następująca: na początku przypisujemy f jej adelizację ϕ_f, która jest zespoloną funkcją na $GL_2(\mathbb{A})$. Oznaczmy przez $K_p(N)$ podgrupę $GL_2(\mathbb{Z}_p)$, która jest złożona z macierzy dolnotrójkątnych modulo N. Niech $K(N) = \prod_p K_p(N)$. Silne twierdzenie aproksymacyjne daje nam rozkład:

$$GL_2(\mathbb{A}) = GL_2(\mathbb{Q}) GL_2(\mathbb{R})^+ K(N)$$

gdzie $GL_2(\mathbb{R})^+$ oznacza macierze o dodatnim wyznaczniku. Każdy element $g \in GL_2(\mathbb{A})$ możemy więc zapisać jako $g = \gamma h k$, gdzie $\gamma \in GL_2(\mathbb{Q}), h \in GL_2(\mathbb{R})^+, k \in K(N)$. Możemy teraz zdefiniować:

$$\phi_f(g) = j(h, i)^{-k} f(hi)$$

gdzie f jest formą modularną wagi k, $i = \sqrt{-1}$, $j(h, z) = det(h)^{1/2}(cz + d)$, gdzie $h = \left(\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}\right)$. Oznaczmy przez $R(g)$ operator prawego przesunięcia (i.e. $(R(g)f)(x) = f(xg)$) na przestrzeni $L^2(Z(\mathbb{A})GL_2(\mathbb{Q})\backslash GL_2(\mathbb{A}))$, gdzie $Z(\mathbb{A})$ oznacza centrum $GL_2(\mathbb{A})$. Wtedy definiujemy reprezentację π_f jako domknięcie przestrzeni rozpiętej na $R(g)\phi_f$ czyli $span(R(g)\phi_f | g \in GL_2(\mathbb{A}))$ w $L^2(Z(\mathbb{A})GL_2(\mathbb{Q})\backslash GL_2(\mathbb{A}))$.

Każdej formie modularnej możemy też przypisać reprezentację Galois ρ_f. Jest to uczynione w pracy [**De**], gdzie ρ_f jest zdefiniowane jako:

$$\rho_f = Hom_{GL_2(\mathbb{A})}(\pi_f, H)$$

gdzie $H = \varinjlim_N H^1_{et}(X(N)_{|\bar{\mathbb{Q}}}, \mathcal{F}_k)$ jest grupą kohomologii etalnej krzywych modularnych, a $\mathcal{F}_k$ jest snopem, który jest związany z wagą formy. Reprezentacja ρ_f jest dwuwymiarowa, co wynika z isomorfizmu Eichlera-Shimury

$$H^1(X(N), \mathcal{F}_k) \simeq H^0(X(N), \omega^k \otimes \Omega^1_{X(N)}) \oplus \overline{H^0(X(N), \omega^k \otimes \Omega^1_{X(N)})}$$

(przez $\overline{(\cdot)}$ oznaczyliśmy przestrzeń sprzężoną w znaczeniu sprzężoności nad $\mathbb{C}$) i po prawej stronie $H^0(X(N), \omega^k \otimes \Omega^1_{X(N)})$ jest przestrzenią form ostrzowych (jest to ważny podzbiór wszystkich form modularnych). Następnie udowadnia się istnienie rozkładu

$$H^1(X(N), \mathcal{F}_k) \simeq \bigoplus_f \pi_f^\infty \otimes \rho_f$$

gdzie suma przebiega po formach modularnych wagi k zaś π_f^∞ oznacza część niearchimedesowską, tj. $\pi_f = \pi_\infty \otimes \pi_f^\infty$, gdzie π_∞ jest reprezentacją $GL_2(\mathbb{R})$, zaś π_f^∞ jest reprezentacją $GL_2(\mathbb{A}_f)$, gdzie $\mathbb{A}_f = \prod_l' \mathbb{Q}_l$. Ten izomorfizm może być widziany jako fragment globalnej odpowiedniości Langlandsa, w której celem jest przypisanie globalnym reprezentacjom Galois (i.e. reprezentacjom $Gal(\bar{\mathbb{Q}}/\mathbb{Q})$) form automorficznych na $GL_2(\mathbb{A})$.

Przypomnijmy jednak, że naszym celem jest odpowiedniość lokalna dla reprezentacji superostrzowych. Powyżej wprowadziliśmy obiekty globalne, z których jednak możemy otrzymać obiekty lokalne.

Po pierwsze powiedzieliśmy, że π_f rozkłada się jako iloczyn tensorowy reprezentacji lokalnych:

$$\pi_f = \bigotimes_p{}' \pi_p$$

i każde π_p jest dopuszczalną, nierozkładalną reprezentacją $GL_2(\mathbb{Q}_p)$.

Po drugie, jeśli oznaczymy przez $D_{\mathfrak{p}} = \{\sigma \in Gal(\bar{\mathbb{Q}}/\mathbb{Q}) : \sigma(\mathfrak{p}) = \mathfrak{p}\}$, gdzie $\mathfrak{p}$ jest dowolnym ideałem maksymalnym w $\bar{\mathbb{Z}}$ leżącym nad p, to wobec tego, że $D_{\mathfrak{p}} \simeq Gal(\bar{\mathbb{Q}}_p/\mathbb{Q}_p)$ (klasyczny fakt z algebraicznej teorii liczb, p. [**Neu**]), to biorąc $\rho_f : Gal(\bar{\mathbb{Q}}/\mathbb{Q}) \to GL_2(\bar{\mathbb{Q}}_l)$, możemy rozważać także obcięcia ρ_f czyli $\rho_{f,p} = (\rho_f)_{|D_{\mathfrak{p}}} : Gal(\bar{\mathbb{Q}}_p/\mathbb{Q}_p) \to GL_2(\bar{\mathbb{Q}}_l)$. Jest to lokalna reprezentacja Galois.

Twierdzimy, że w odpowiedniości Langlandsa π_p i $\rho_{f,p}$ odpowiadają sobie.

$$\pi_p \leftrightarrow \rho_{f,p}$$

Dowód tego faktu w przypadku superostrzowym pojawił się po raz pierwszy w liście Pierre'a Deligne'a do I. Piatetskiego-Shapiro z 1973 roku. Idee przytoczymy poniżej. Zauważmy tylko w tym momencie, że idea dowodu, którą przytaczamy odpowiedniości lokalnej przechodzi przez wyniki globalne: lokalną reprezentację π'_p grupy $GL_2(\mathbb{Q}_p)$ wpisujemy w pewną reprezentację automorficzną π grupy $GL_2(\mathbb{A})$ taką, że $\pi = \bigotimes'_p \pi_p$ oraz $\pi_p \simeq \pi'_p$. Następnie, odnajdujemy formę modularną f, taką, że $\pi \simeq \pi_f$, po czym bierzemy reprezentację $\rho_{f,p}$ jak powyżej. Okazuje się, żę kiedy π'_p jest superostrzowa, tę procedurę da się zawsze przeprowadzić, w dodatku reprezentacja $\rho_{f,p}$ będzie nierozkładalna i będzie spełniała wszystkie wymagania odpowiedniości Langlandsa.

Kluczem do uzyskania odpowiedniości lokalnej jest zdefiniowanie dodatkowych geometrycznych obiektów. Jeśli X jest schematem nad $R = Frac(O)$ to modelem całkowitym X nazywamy (jeśli istnieje) schemat $\mathbb{X}$ nad O, taki, że $\mathbb{X} \times_{SpecO} SpecR \simeq X$. Można zdefiniować model całkowity $X(Np^m)$ nad $\mathbb{Z}_p$, oznaczmy go tak samo $X(Np^m)$. Możemy więc mówić o włóknie specjalnym

$$i : X(Np^m)_s = X(Np^m) \times_{Spec\mathbb{Z}_p} Spec\mathbb{F}_p \to X(Np^m)$$

oraz o włóknie ogólnym

$$i : X(Np^m)_\eta = X(Np^m) \times_{Spec\mathbb{Z}_p} Spec\mathbb{Q}_p \to X(Np^m)$$

Cyklami znikającymi (ang. vanishing cycles) nazywamy pochodne funktora $i^* j_*$:

$$R^k\Psi(\mathcal{F}) = i^* R^k j_*(\mathcal{F})$$

przeprowadzające snopy na $X(Np^m)_s$ na snopy na $X(Np^m)_\eta$. Z ciągu spektralnego dla $R^k\Psi$ mamy ciąg dokładny

$$0 \to H^1(X(Np^m)_s, \mathcal{F}_{k,s}) \to H^1(X(Np^m)_\eta, \mathcal{F}_{k,\eta}) \to H^0(X(Np^m)_s, R^1\Psi(\mathcal{F}_{k,s})) \to$$
$$\to H^2(X(Np^m)_s, \mathcal{F}_{k,s}) \to H^2(X(Np^m)_\eta, \mathcal{F}_{k,\eta}) \to 0$$

Oznaczmy

$$\psi_{Np^m} = H^0(X(Np^m)_s, R^1\Psi(\mathcal{F}_{k,s}))$$

Analizując ten obiekt za pomocą powyższego ciągu dokładnego Deligne pokazał rozkład

$$\varinjlim_{Np^m} \psi_{Np^m} \simeq \bigoplus_f \pi_{f,p} \otimes \rho_{f,p} \otimes \pi'_{f,p}$$

gdzie $\pi_{f,p}, \rho_{f,p}$ są jak powyżej zaś $\pi'_{f,p}$ jest lokalną reprezentacją kwaternionów (o której w tym miejscu nic więcej nie powiemy), w dodatku suma przechodzi po f, które dają $\pi_{f,p}$ superostrzowe - otrzymujemy to z analizy ciągu dokładnego powyżej, gdyż można pokazać, że kohomologie włókna specjalnego nie zawierają żadnych reprezentacji superostrzowych. Wynika to z geometrii włókna specjalnego krzywych modularnych, których składowe spójne są dobrze znane: jest ich skończenie wiele i przecinają się jedynie w punktach supersingularnych (i.e. punktach, w których krzywa eliptyczna odpowiadająca danemu punktowi na przestrzeni moduli $X(Np^m)_s$ jest supersingularna). Pozwala to pokazać, że kohomologia włókna specjalnego jest (jako reprezentacja GL_2) indukowana z mniejszej reprezentacji grupy Borela GL_2, a więc nie może zawierać superostrzowych reprezentacji.

W ten też sposób uzyskujemy lokalną odpowiedniość Langlandsa w przypadku superostrzowym. Oczywiście po drodze pozostaje do sprawdzenia wiele faktów, jak choćby czy rzeczywiście dostaliśmy bijekcję w odpowiedniości Langlansa i czy wszystkie żądane warunki są spełnione (zgodność ϵ-czynników i L-funkcji). Szkic powyżej pokazuje jakie obiekty powinny do siebie pasować po stronie Galois i po stronie automorficznej. Dałoby się też powyższą konstrukcję przeprowadzić czysto lokalnie, nie używając metod geometrycznych, a korzystając jedynie z teorii kategorii. W przypadku GL_2 jest to zrobione w książce [**BH**]. Jednak problemem przy tym podejściu jest ewentualne uogólnienie do

GL_n. Dotychczas lokalna odpowiedniość Langlandsa dla GL_n została jedynie udowodniona poprzez uogólnienie metod geometrycznych, patrz: [**HT**].

Rozkład $\varinjlim_{Np^m} \psi_{Np^m}$ powyżej nazywamy geometryczną realizacją lokalnego programu Langlanda lub też nieabelową teorią Lubina-Tate'a (patrz: uwaga poniżej), ponieważ obiekty, które pojawiają się w odpowiedniości Langlandsa, udaje się zrealizować jako podobiekty reprezentacji pochodzącej z geometrii.

Uwaga na zakończenie: W liście Deligne'a pojawia się też analogia z grupami formalnymi, które pojawiły się przy dowodzie lokalnej teorii ciał klas, ponieważ używając rezultatu Brylinskiego, istnieje izomorfizm

$$\psi_{Np^m} = \widehat{\psi}_{Np^m}$$

gdzie $\widehat{\psi}_{Np^m}$ jest analogiczną grupą kohomologii, tylko nie krzywej modularnej, lecz przestrzeni parametryzującej grupy formalne z dodatkową strukturą, która jest w pełni analogiczna ze strukturą użytą do zdefiniowania krzywych modularnych powyżej (przestrzeń Lubina-Tate'a).

References

[De] P. Deligne, "'Formes modulaires et representations l-adique"'

[BH] C. Bushnell, G. Henniart "The Local Langlands Conjecture for GL(2)", 2006

[IS] K. I. Ikeda, E. Serbest "'Non-abelian local reciprocity law"', Manuscripta Math. 132, 19-49 (2010)

[HT] M. Harris, R. Taylor "'The geometry and cohomology of some simple Shimura varieties"'

[Neu] Neukirch "'Algebraic number theory"'

2nd February 2012

Przemysław Chojecki