Vincenc Jarolímek

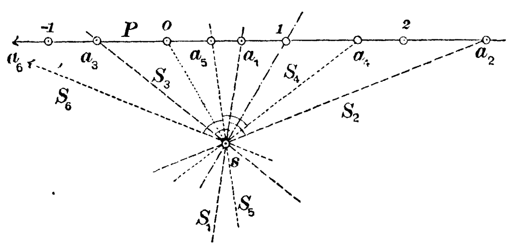
Několik konstrukcí kuželoseček. [II.]

Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky, Vol. 47 (1918), No. 2-3, 130--139

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/122337

Vytkněme za tím účelem na přímce P řadu číselnou $\ldots -1, 0, 1, 2 \ldots$ (obr. 3.); nad délkou $\overline{o1}$ sestrojme rovnostranný trojúhelník $o1s$.

Vytkněme v přímce P bod a_1 tak, aby $\overline{oa_1} = \lambda$ a označme $\overline{sa_1} \equiv S_1$. Potom paprsky $S_2 \equiv \overline{oa_2}$, $S_3 \equiv \overline{oa_3}$ svírající s S_1 úhly 60^0, vytínají na P body a_2, a_3, jichž vzdálenosti od bodu o jsou, jak jednoduchý počet ukazuje, $\frac{1}{1-\lambda}$ resp. $\frac{\lambda - 1}{\lambda}$.



Obr. 3.

Sestrojíme-li dále paprsky $S_4 S_5 S_6$, symmetrické dle osy $\overline{s1}$ k paprskům $S_1 S_2 S_3$, vytínají tyto na ose P body $a_4 a_5 a_6$, jichž vzdálenosti od bodu o jsou $\frac{1}{\lambda}$, $1 - \lambda$, $\frac{\lambda}{\lambda - 1}$, tudíž *každá trojina bodem s vedených paprsků $S_1 S_2 S_3$ svírajících úhly* 60^0 spolu s trojinou $S_4 S_5 S_6$ *souměrnou dle přímky* $\overline{s1}$ (nebo dle přímky $\overline{os}$, nebo dle kolmice s bodu s ku P spuštěné atd.) *vytíná na ose P šest bodů $a_1 \ldots a_6$, jichž vzdálenosti od počátku o jsou rovny 6 hodnotám dvojpoměrů téže čtveřiny elementů.*

Několik konstrukcí kuželoseček.

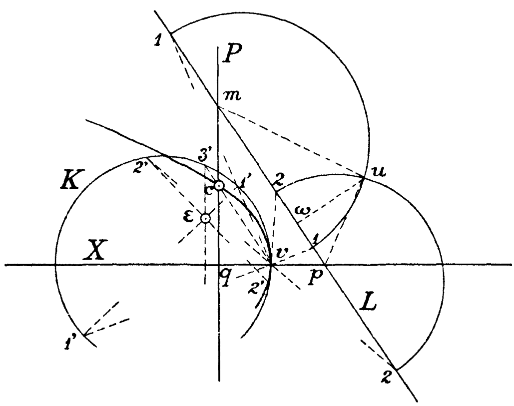
Podal dvor. rada prof. Dr. **Vinc. Jarolímek.**

(Dokončení.)

II. **Dané prvky s část imaginárné.**

11. *Parabola daná osou X a dvěma body imaginárnými a, b* (obr. 9.). Tyto buďtež samodružnými body elliptické involuce 11, 22 dané na reálné přímce L. Sestrojme střed involuce ω, potenci její $-\overline{\omega u}^2$, a bod m sdružený k bodu $(LX) \equiv$ $\equiv p\ (\overline{um} \perp \overline{pu})$; bodem m jde polára paraboly $P \perp X$ pro pól p.

Polára seče osu v bodě q, body p, q jsou sdružené póly, a vrchol paraboly v půlí úsečku $\overline{pq}$. Bod paraboly c na poláře P obdržíme takto: Mysleme si involuci L_1 souměrnou ku L (11, 22) podle X (rýsovati jí netřeba). Její samodružné body (imag.) a_1, b_1 jsou tolikéž k a, b souměrny; parabola je nyní určena imaginárnými body a, b, a_1, b_1 a reálným bodem v. Konstrukce bodu c na poláře P z těchto dat je známa (*G. P.* II., str. 13., odst. 114. v levo, obr. 176.). Involuce L, L_1 promítněme z bodu v na kružnici K, která jde bodem v a má svůj střed kdekoli na X; na K vzniknou dvě involuce kvadratické (jedna je $1'1'$, $2'2'$) podle X souměrné Sestrojme středy jejich ε, ε_1 (bodu ε_1

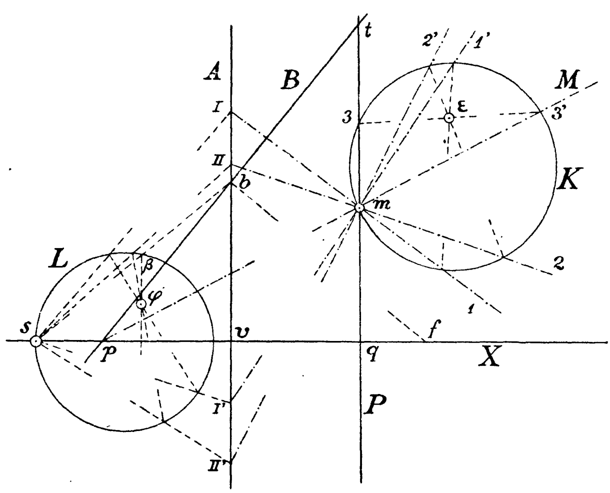


Obr. 9.

netřeba, ježto $\overline{\varepsilon\varepsilon_1} \perp X$); spojnice $\overline{\varepsilon\varepsilon_1}$ (čili $\overline{\varepsilon 3'} \perp X$) seče K v družině $3'3'$, která oběma involucím je společna; paprsek $\overline{v3'}$ seče tedy P v bodě paraboly c. Z osy X, vrcholu v a bodu c lze nyní žádanou parabolu sestrojiti.

12. *Parabola daná osou X a dvěma tečnami imaginárnými T, U* (obr. 10.). Tyto tečny buďtež samodružnými paprsky dané elliptické involuce $11'$, $22'$ o středu m. Mysleme si involuci m_1 souměrnou ku m podle X, která svými samodružnými paprsky T_1, U_1 určuje další dvě tečny paraboly. Společný paprsek obou involucí $\overline{mm_1} \equiv P \perp X$ je polárou pro pól p na ose X, jejž obdržíme paprskem M, který v involuci m je sdružen s paprskem P. Proložme bodem m libovolnou kružnici K, která

protne danou paprskovou involuci m v bodové involuci kvadratické jejíž střed jest ε. Paprsek P seče K v bodě 3, spojnice $\overline{3\varepsilon}$ dá 3′, paprsek $\overline{3'm} \equiv M$, průsečík $(MX) \equiv p$. Vrchol paraboly v půlí úsečku $\overline{pq}$. Parabola je nyní určena čtyřmi tečnami (imag.) T, U, T_1, U_1 a tečnou reálnou $A \perp X$ ve vrcholu v, lze tudíž další tečny reálné B, B_1 jdoucí bodem p sestrojiti konstrukcí známou (*G. P.* II, str. 13., odst. 114. v pravo, str. 177). B, B_1 budou totiž procházeti body b, b_1 na přímce A, v nichž se protínají homologické paprsky involucí m, m_1. Pro-



Obr. 10.

tněme tedy tyto involuce přímkou A v involucích bodových a stanovme v nich družinu společnou b, b_1. Jedna z nich je $I\,I'$, $II\,II'$, druhé pak, která je souměrna s prvou podle X, netřeba rýsovati. Promítněme obě involuce z bodu s na X zvoleného, protněme tyto involuce paprskové kružnicí L, jež procházejíc bodem s má střed svůj kdekoli na X, involucemi kvadratickými, a stanovme jejich středy φ, φ_1; tyto jsou souměrné podle X, stačí tedy spojnici $\overline{\varphi\varphi_1}$ vésti bodem $\varphi \perp X$. Tato seče L v bodě β, $\overline{s\beta}$ tečnu A v bodě b, spojnice $\overline{pb} \equiv B$ dá tečnu paraboly B (dotyčný bod t na P), přímka pak $\overline{bf} \perp B$ ohnisko f.

13. *Kuželosečka daná osou X, bodem reálným e a dvěma body imaginárnými a, b.* Body a, b buďtež dány elliptickou

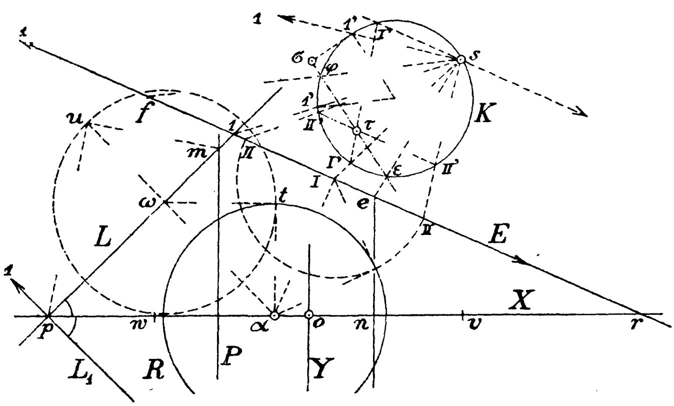
involucí na přímce L. Poláru P k pólu $p \equiv (LX)$ sestrojme jako v úloze 11. Na přímce $\overline{pe}$, která protne P v bodě g, stanovme bod d, harmonický k bodu e vzhledem k družině pg; bod d, jakož i bod d_1 souměrný ku d podle X, náležejí kuželosečce. Tyto čtyři body d, d_1, e. e_1 (souměrný k e) nestačují však k sestrojení křivky; třeba ještě bodu dalšího. Na přímce L_1 souměrné ku L podle osy X vytkněme involuci souměrnou k dané na L (ab), promítněme obě involuce bodové z daného bodu e involucemi paprskovými, a sestrojme společnou jich družinu C, C_1; tyto paprsky protnou poláru P v dalších bodech c, c_1 (souměrných podle X), jež náležejí kuželosečce.[3]) Reálnými body c, d, e je nyní úloha převedena na úlohu 5.

14. *Kuželosečka daná osou X, tečnou reálnou E a dvěma body imaginárnými a, b* (obr. 11.). Body tyto ať jsou dány elliptickou involucí na přímce L, jejíž střed jest ω a potence $= -\overline{\omega u}^2$. Pólu $(LX) \equiv p$ odpovídá polára $mP \perp X$ $(\overline{um} \perp \overline{pu})$. Jsou-li a_1, b_1 na přímce L_1 souměrné ku a, b podle X, bude body a, b, a_1, b_1 určen svazek kuželoseček Σ, jenž obsahuje také reálnou *kružnici* R, protože lichoběžník abb_1a_1 je rovnoramenný a souměrný podle X. Střed α kružnice R připadá tudíž na osu X; obdržíme jej přímkou $\overline{\omega\alpha} \perp L$, ježto kružnice R vytvořuje na L touž involuci harmonických pólů ω (pm), a poloměr její $\overline{\alpha t}$ jest odvěsnou pravoúhlého trojúhelníku $\alpha\omega t$ $(\overline{\omega t} = \overline{\omega u})$ [G. P. II., str. 70., obr. 200.]. Mimo to tvoří přímky L, L_1 zvrhlou kuželosečku ve svazku Σ. Daná tečna E seče svazek Σ v involuci bodové, jejíž samodružné body e, f jsou body dotyku dvou kuželoseček úloze hovících na tečně E. Tato involuce jest určena družinou 11, ve které přímky L, L_1 sekou E, a družinou 22, ve které kružnice R seče tečnu E. Tyto body 22 jsou však pomyslné; určíme je tedy involucí, kterou R indukuje na E. Střed její jest I $(\alpha I \perp E)$ a jedna družina ΠII $(\overline{I\Pi} =$ tečně z bodu I ku $R)$. Sestrojíme nyní společnou družinu e, f obou involucí na E známou konstrukcí pomocí libovolné kružnice K, na niž involuce ty promítneme z bodu s na K

[3]) G. P. II., str. 13., odst. 114. v levo. Zde nelze užíti zjednodušené konstrukce, vykonané v úloze 11. (obr. 9.), protože tam ležel reálný bod v na ose X, kdežto v úloze hořejší bod e dán jest mimo osu X.

vytčeného (obr. 11.). Bod e je dotyčný na tečně E; $\overline{en} \perp X$ jest pak polára pólu $(EX) \equiv r$. Samodružné body involuce pq, $(q \equiv PX)$ rn na X dají vrcholy žádané kuželosečky v, w atd. Bod f dá obdobně kuželosečku druhou. Prvá jest ellipsou o hlavní ose X, druhá hyperbolou o vedlejší ose X.

15. *Kuželosečka daná osou X, dvěma tečnami imaginárnými T, U a jednou reálnou E.* Tečny T, U buďtež dány elliptickou involucí paprskovou o středu m. Pól p ku poláře $mP \perp X$ sestrojíme jako v úloze 12. Průsečíkem $(PE) \equiv g$ veďme paprsek $\overline{gp} \equiv G$ a paprsek D harmonický ku paprsku E vzhle-

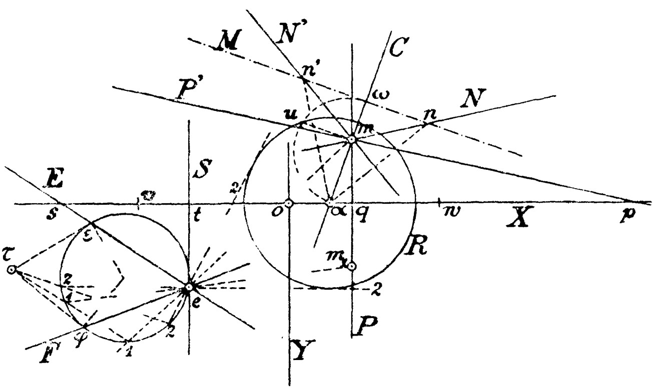


Obr. 11.

dem k družině PG; paprsek D, jakož i paprsek D_1 souměrný ku D podle X, jsou dalšími tečnami kuželosečky. Tyto čtyři reálné tečny D, D_1, E, E_1 (souměrná k E podle X) nestačí ještě k sestrojení křivky; třeba ještě tečny další. V bodě m_1 souměrném ku m podle osy X stanovme involuci paprskovou souměrnou k dané m (TU), protněme obě involuce paprskové danou tečnou E v involucích bodových, a sestrojme společnou jich družinu c, c_1; tyto body promítají se z pólu p dalšími tečnami křivky C, C_1 (souměrnými podle X) [*G. P.* II., str. 13., odst. 114. v pravo]. Reálnými tečnami C, D, E jest úloha převedena na úl. 7.

16. *Kuželosečka daná osou X, dvěma imaginárnými tečnami T, U a reálným bodem e* (obr. 12.). Tečny T, U buďtež

samodružnými paprsky dané elliptické involuce o středu m; sestrojme její centrálné paprsky $C \perp C'$ a družinu podle C souměrnou N, N'. V téže involuci stanovme paprsek P' sdružený ku $mP \perp X$; jeho průsečík p na X je pólem poláry P v kuželosečce žádané (jako v úloze 12.). Mysleme si involuci m_1 souměrnou ku m podle X, jejíž samodružné paprsky T_1, U_1, souměrné podle X ku T, U, jsou dalšími tečnami křivky. Imaginárné přímky T, U, T_1, U_1 určují osnovu kuželoseček Ω jich se dotýkajících, a protože čtyrstran základnicemi tvořený je



Obr. 12,

podle X souměrný, bude osnova Ω obsahovati kružnici R, jejíž střed α připadne na X. Týž ležeti bude také na paprsku C, který půlí *tupý* $\sphericalangle NN'$ (má-li kružnice R býti reálná), tedy průsečík $(CX) \equiv \alpha$. Jde nyní o poloměr kružnice R, která majíc střed α, dotýká se imaginárných přímek T, U. Paprsek $\overline{\alpha n'} \perp N$ protne N' v bodě n', paprsek $\overline{\alpha n} \perp N'$ seče N v bodě n; spojnice $\overline{nn'} \equiv M \perp C$ je polárou kružnice R pro pól m. Neboť je-li M polárou pólu m, bude mnn' trojúhelníkem polárným (ježto N, N' jsou poláry sdružené), a jeho výšky musí se protínati v středu α kružnice R; musí tedy skutečně býti $\overline{\alpha n'} \perp \overline{nm} \equiv N$, $\overline{\alpha n} \perp \overline{n'm} \equiv N'$. Poláru M seče $\overline{\alpha m} \equiv C$ v bodě ω, poloměr pak

$$\overline{\alpha u} = \sqrt{\overline{\alpha m} \,.\, \overline{\alpha \omega}},$$

jímž kružnici R opíšeme. Osnova kuželoseček Ω promítá se z bodu e, jímž žádaná kuželosečka má procházeti, involucí paprskovou. Jedna družina této involuce jest $\overline{me}$, $\overline{m_1 e}$, ježto body m, m_1 představují jednu zvrhlou kuželosečku v osnově Ω. Družinu druhou ďají tečny $\overline{2e}$ vedené bodem e ke kružnici R. Sestrojíme-li posléze samodružné paprsky této involuce E, F (konstrukce známá vykonána v obr. 12. pomocí kružnice proložené bodem e), bude E tečnou jedné kuželosečky úloze hovící, e pak bodem dotyčným, $eS \perp X$ polárou pro pól $(EX) \equiv s$, střed o involuce (pq), (st) dá střed křivky, samodružné body její v, w vrcholy a t. d. Tečna F s dotyčným bodem e určuje obdobně druhý výsledek úlohy. Křivka prvá je patrně ellipsou, druhá však hyperbolou.

17. *Hyperbola rovnoosá daná osou X a dvěma tečnami imaginárnými T, U.* Tyto buďtež dány elliptickou involucí paprskovou o středu m. Involuce m_1 souměrná ku m podle X určuje další dvě imaginárné tečny T_1, U_1 souměrné ku T, U podle X. Žádaná hyperbola jest ona kuželosečka v osnově $\Omega \equiv \equiv (TUT_1U_1)$, která prochází úběžným bodem e_∞ libovolné přímky svírající s X úhel $= 45^0$. Tím jest úloha převedena na 16. s tím toliko rozdílem, že daný bod e je v úloze přítomné v nekonečnu. Konstrukce se v podstatě nemění; involuce paprsková e (11. 22) je zde ovšem osnovou, a její samodružné paprsky E, F sestrojí se pomocí proniku s libovolnou přímkou.

Dány-li však místo T, U dva imaginárné body a, b hyperboly rovnoosé, a to elliptickou involucí na přímce L, sestrojme souměrnou elliptickou involuci a_1. b_1 na přímce L_1 souměrné k L podle X, a proložme bodem e_∞ (na přímce A, jejíž $\sphericalangle AX = 45^0$) kuželosečku, která prochází imaginárnými body a, b, a_1, b_1 (*G. P.* II., str. 13., odst. 114.).

III Plochy stupně druhého.

Konstrukcí dosud odvozených lze užiti i k řešení mnohých zajímavých úloh o plochách 2. stupně. Klademe tuto několik ukázek.

18. *Rotační paraboloid* buď dán svou osou O a dvěma body a, b. Proložme rovinu $(aO) \equiv \varrho$, otočme do ní bod b kol O do polohy b', v rovině ϱ sestrojme parabolu z osy O, bodův a, b' podle úlohy 1., a otočme ji kol osy O. — Dány-li místo bodův a, b dvě tečné roviny τ, σ, promítneme osu O kolmo do rovin τ, σ; průměty označme T, S. Otočíme pak S kol O do roviny $(OT) \equiv \varrho$ a sestrojíme v ϱ parabolu podle úlohy 2.

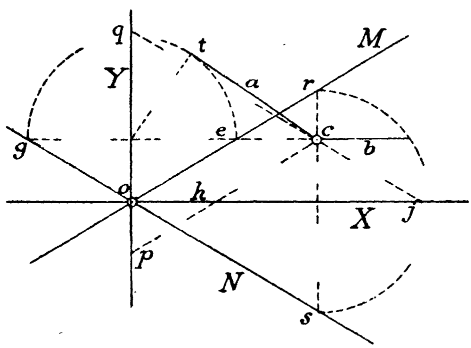
19. Obdobně řeší se úloha, dána-li *středová* rotační plocha 2. stupně osou rotační a třemi body užitím úlohy 5., nebo třemi tečnými rovinami podle úlohy 7.

20. Dán-li *rotační hyperboloid rovnoosý* rovinou rovníka σ a třemi body a, b, c, položme body a, b rovinu $\varrho \perp \sigma$, sestrojme v ní rovnoosou hyperbolu z bodův a, b a osy $(\varrho\sigma) \equiv X_1$ podle úlohy 8.; její střed budiž o_1, vrcholy na ose X_1 v, w (ať reál. či imag.). Dále v rovině $\tau \perp \sigma$ položené body b, c stanovme hyperbolu rovnoosou z bodův b, c a osy $(\tau\sigma) \equiv X_2$, jejíž střed budiž o_2 (hyperbol těch rýsovati ovšem netřeba). Kolmice postavená v bodě o_1 ku X_1 a kolmice v bodě o_2 ku X_2 (obě v rovině σ) protnou se v středu hyperboloidu ω, načež osa jeho rotační $\omega O \perp \sigma$. Ze středu ω opsaná kružnice R tak, aby procházela body v, w (ať reál. či imag. podle úl. 14.) dá *rovník*, načež v rovině (ϱO) snadno již obdržíme meridián plochy (jakožto hyperbolu rovnoosou o středu ω). Podle toho, je-li rovník R reálný či pomyslný, bude hyperboloid buď sborcený nebo nepřímkový (t. dvojdílný).

21. *Rotační plocha* φ^2 *buď dána rovinou rovníka* σ *a čtyřmi body* a, b, c, d. Veškeré roviny rovnoběžné s osou O rotační plochy φ^2 protínají tuto v kuželosečkách podobných. Budou tedy rovina $\varrho \perp \sigma$ položená body a, b, a rovina $\tau \perp \sigma$ obsahující body c, d protínati plochu φ^2 v křivkách 2. stupně $K \sim L$. Otočíme li pak křivku L okolo průsečnice $\overline{\varrho\tau} \equiv S$ do roviny ϱ do polohy L', budou křivky K, L' netoliko podobné, ale i homologické, majíce jedny své osy v téže přímce $\overline{\varrho\sigma} \equiv X_1$, protože průsečnice rovin $\overline{\tau\sigma} \equiv X_2$ po otočení připadne do X_1. Křivka K prochází také body a_1, b_1, jež jsou k a, b souměrny podle roviny σ, je tedy obsažena ve svazku kuželoseček Σ_1, určeném základními body a, b, b_1, a_1. Jsou-li dále c_1, d_1 body souměrné k c, d podle roviny σ, c'_1, d'_1, c', d' polohy těchto čtyř bodů po otočení do roviny ϱ okolo S, bude křivka L' náležeti svazku kuželoseček Σ_2, jehož základní body jsou c', d', c'_1, d'_1. Jest tedy v rovině ϱ stanoviti ony kuželosečky K, L' ve svazcích Σ_1, Σ_2, jež jsou si podobné i homologické, majíce po jedné ose v přímce X_1. Jedna osa podobnosti U je v nekonečnu,[4]) na které tudíž kuželosečky K, L' indukují *touž* involuci harmonických pólů I_3; samodružné body její u_∞, u'_∞ dají úběžné

[4]) Druhá osa jest S, která by však nevedla k výsledku, protože svazky Σ_1, Σ_2 vytvořují na ní involuci *identickou*, a to *symmetrickou* dle průsečíka (SX_1) jakožto středu.

body asymptot křivek K, L'. Sestrojíme je společnou družinou involucí I_1, I_2, jež na U vytvořují svazky Σ_1, Σ_2, kteroužto konstrukci vykonáme známým způsobem pomocí libovolné kružnice M v rovině ϱ, na níž promítneme I_1, I_2 z bodu s na M zvoleného. Involuce I_1, I_2 stanovíme každou dvěma družinami, jež obdržíme, vedouce bodem s paprsky rovnoběžné ku přímkám $\overline{ab_1}$, $\overline{a_1b}$ atd., z nichž skládají se degenerované kuželosečky svazků Σ_1, Σ_2. Společná družina U, U' takto vzniklých obou paprskových involucí s směřuje k úběžným bodům u_∞, u'_∞. Jsou-li tyto reálné, určují U, U' směry asymptot; z nich a z bodův a, a_1, b sestrojíme hyperbolu K (G. P. I., str. 31.), z týchž směrů a z bodů c', c'_1, d' hyperbolu L', kterou zase zpět oto-



Obr. 13.

číme kol S do roviny τ. Hyperbol rýsovati netřeba, stačí středy jejich a vrcholy na osách X_1, X_2; další konstrukce rovníka R shoduje se s úlohou 20. V tomto případě je tedy plocha φ^2 rotačním hyperboloidem.

Jsou-li však samodružné body u_∞, u'_∞ involuce I_3 imaginárné, nahradíme je jinými družinami;[5]) křivky K, L' jsou pak ellipsy podobné. Spojíme na př. body $\overline{ab}$ a k úběžnému bodu t_∞ této přímky stanovíme v involuci I_3 sdružený bod t'_∞; paprsek $\overline{st'_\infty}$ určuje směr průměru V křivky K, sdruženého s tětivou $\overline{ab}$. Rozpolovacím bodem úsečky $\overline{ab}$ veďme tedy $V \parallel \overline{st'_\infty}$; průsečík $(VX_1) \equiv o_1$ dá střed ellipsy K. Z bodův

[5]) Konstrukci jejich viz v Čas. mathem., roč. XLVI. (1917), str. 19. dole pod čarou, poznámka [2]).

a, a_1, b opatřme si dva sdružené póly p, q na X_1 podle úl. 1., načež $\overline{o_1 v} = -\overline{o_1 w} = \sqrt{\overline{o_1 p} \cdot \overline{o_1 q}}$ stanoví vrcholy ellipsy K na ose X_1. Obdobně stanovíme vrcholy ellipsy L', otočíme je kol S do roviny τ zpět atd. Výsledkem je rotační ellipsoid.

Dodatek. Známa je konstrukce poloos hyperboly a, b, dány-li asymptoty její M, N (obr. 13.), tudíž i osy její X, Y a jeden bod křivky c. Vedeme-li bodem c kolmici ku X, která protne asymptoty v bodech r, s, bude $b^2 = \overline{cr} \cdot \overline{cs}$. Tuto konstrukci odvozuje K. Pelz ve svých „Přednáškách" pomocí průseku rotačního kužele s rovinou (viz také *G. P.* IV. na str. 7. dole). Užitím věty z naší úlohy 8. možno konstrukci odůvodniti rovinnou geometrií synthetickou: vedeme-li $\overline{cp} \parallel M$, $\overline{cq} \parallel N$, budou p, q sdružené póly na ose Y, pročež $b^2 = \overline{op} \cdot \overline{oq}$, a protože $\overline{op} = \overline{rc}$, $\overline{oq} = \overline{sc}$, jest $b^2 = \overline{rc} \cdot \overline{sc}$.

Z b, M, N sestrojíme již snadno poloosu hlavní a. Přímá konstrukce je tato: $\overline{ceg} \perp Y$. $a = \overline{ct} = \sqrt{\overline{ce} \cdot \overline{cg}}$. Důkaz: body h, j $(\overline{cj} \parallel N)$ jsou sdružené póly na ose X, tedy $a^2 = \overline{oh} \cdot \overline{oj}$; ale $\overline{oh} = \overline{ec}$, $\overline{oj} = \overline{gc}$, tedy $a^2 = \overline{ec} \cdot \overline{gc}$.

Řešení lineárních rovnic vektorových o jedné neznámé.

Napsal vl. rada **Ant. Libický.**

(Dokončení.)

5. Řešení každé rovnice skalární, která má tvar složitější než rovnice (1), (5) a (9), lze uvésti na řešení těchto jednoduchých rovnic. Jakých obratů se při tom používá, poznáme nejlépe z těchto příkladů:

Příklad 1.

$$[\mathbf{x} \times \mathbf{a}] \cdot \mathbf{b} = m. \tag{14}$$

Ježto dle *V. A.*, pag. 18

$$[\mathbf{x} \times \mathbf{a}] \cdot \mathbf{b} = [\mathbf{a} \times \mathbf{b}] \cdot \mathbf{x},$$

lze tuto rovnici psáti též ve tvaru

$$[\mathbf{a} \times \mathbf{b}] \cdot \mathbf{x} = m;$$

nahradíme-li tu součin $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ vektorem $\mathbf{c} = (ab \sin \widehat{\mathbf{ab}})\, \mathbf{c}_1$, kolmým k rovině vektorů $\mathbf{a}$ a $\mathbf{b}$, nabudeme rovnice

$$\mathbf{c} \cdot \mathbf{x} = m,$$