

A kora középkori iszlám kultúrák matematikája.

Klukovits Lajos

TTIK Bolyai Intézet

2019. április 1.

Történelmi mérföldkövek: az iszlám kialakulása 1.

- ▶ Az Arab félsziget nagy részén a sémi népekhez tartozó nomád (beduin) törzsek éltek az I.sz. I. évezred kezdetén (őseik már több, mint 2000 éve). Politeisták, minden törzsnek „saját” istenei voltak.
- ▶ A VII. sz. elején **Mohamed** gazdag mekkai kereskedő új monoteista vallást alapít — az **iszlámot** —, a zsidó és a keresztény hagyományokra építve.
- ▶ Az „iszlám” szó jelentése: **ODAADÁS**, azaz a hívőknek Allah (az Isten) iránti odaadása.
- ▶ 622-ben menekülni kényszerül: **HIDZSRA**, Medinába fut. Az iszlám időszámítás kezdete.
- ▶ Létrehozza az az iszlámot magukévá tevő arab törzsek szövetségét. Mohamedet **ALLAH PRÓFÉTÁJÁVÁ** nyilvánítják.

Az iszlám kialakulása 2.

- ▶ 630-ban seregek élén visszatért Mekkába, az ott uralkodó pogány Kába-kultuszt beolvasztja az iszlámba, Mekkát szent hellyé nyilvánítja.
- ▶ A mai napig Mekkába, a Kába-kőhöz zarándokolnak a hívek.
- ▶ Mohamed 632-ben meghalt.
- ▶ A Próféta (Mohamed) utódai a **KALIFÁK**, az első, Abu Bekr. Utóda **OMAR** (634-640) megindítja a hódító (szent) háborúkat, a **DZSIHÁDOT** a „hitetlenek” ellen minden irányba.
- ▶ Cél: az iszám terjesztése.
- ▶ A más vallásúakat, a **hitetleneket** üldözték, de
- ▶ jó ideig kivétel tettek a zsidókkal és a keresztényekkel.

Történelmi mérföldkövek

Hódító háborúk, kalifátusok 1.

- ▶ A hódításokat segítette a bizánci uralkodókkal szembeni általános ellenszenv.
- ▶ A korábbi rabszolgatartó társadalom széthullott, kialakult a keleti típusú feudalizmus. Öntözéses földművelés.
- ▶ Kialakult a „városi kultúra”: építészet, kézműipar, kereskedelem. A birtokadományozások miatt fokozatosan gyöngült a központi hatalom.
- ▶ Gyorsan átvették a meghódított területek magasabb szintű kultúráját, kezdetben igen türelmesek voltak még vallási téren is. Hispánia példája.

Hódító háborúk, kalifátusok 2.

- ▶ 637-ben Szíria, 638 Jeruzsálem, 640-42 Egyiptom, 641 Perzsia.
- ▶ A 3. kalifa, **OSZMÁN** (644-656) hódításai: Ciprus, Rhodosz, Örményország. Megindult az „arabizálás”, kivétel Perzsia. A főváros Damaszkusz.
- ▶ Súlyos belharcok: Oszmán kalifát **Ali**, a későbbi 4. kalifa meggyilkoltatta. Ez a háború azóta is tart Ali hívei a **síiták** és Oszmán hívei a **szunniták** között.
- ▶ Alapvető ellentétük: ki a legfőbb vallási vezető? Ali utódai az **imámok** (síiták), vagy a **kalifa** (szunniták)

Hódító háborúk, kalifátusok 3.

- ▶ 661-ben meggyilkolták Alit, és Oszmán utódai az **OMAJJADOK** jutnak uralomra. 680-ban megölik Ali egyik fiát, **végleges szakítás** a síita kisebbség és a szunnita többség között.
- ▶ 697 Karthago, 709-ben elérik az Atlanti óceánt, 711-ben a nyugati gótok legyőzésével a Pireneusi félszigetet is meghódítják.
- ▶ dzsabal al Tarik, azaz Tárik ibn Zijád hadvezér sziklája ⇒ Gibraltar.
- ▶ 705-15, **I. VALID** alatt a legnagyobb a birodalom, az Aral tótól és az Indus völgyétől a Pireneusokig.
- ▶ 732: vereség Poitiersnél (Martell Károly), vége az európai előnyomulásnak.
- ▶ 750-ben **ABU'L-ABBÁSZ** megdönti az Omajjad kalifátust, megalapítja az **ABBASZIDÁK** dinasztiáját (750-1258).

A tudományok fölvirágzása.

Bagdad, mint az új tudományos központ.

- ▶ **AL-MANSZÚR** (a 2. abbaszida kalifa) 762-ben Bagdadba teszi át a birodalom székhelyét.
- ▶ Utódai, **AL-MAHDI**, **HÁRUN-AR-RASID** és **AL-MAMUN** alatt a bagdadi kalifátus évszázados „**aranykora**” kezdődik, az arab (islám) irodalom, építészet és tudomány fölvirágzása.
- ▶ MANSZUR (754-775), HÁRUN AR-RASÍD (786-809), AL-MAMUN (813-833) idején — alexandriai mintára — létrejött a **Bölcsességek Háza**. 830-ban lett teljesen kész.
- ▶ Otthont adott tudósoknak, egy könyvtárnak. Mellette fordítók és másolóak hada dolgozott.

A tudományok fölvirágzása.

Bagdad, mint az új tudományos központ.

- ▶ Összegyűjtötték az Akadémia 529-es bezárása (II. Jusztiánusz) után keletre menekült tudósok tanítványait, akik nagy számú görög művet hoztak magukkal. Ezeket sorra arabra fordították.
- ▶ Nekik köszönhető igen sok ókori görög mű fennmaradása autentikus arab fordításban (az eredetiek általában már nem fellelhetők).
- ▶ A kezdet legismertebb tudósai: **AL-HVÁRIZMI**, **AL-FERGANI**, **AL-KINDI**.

A tudományok fölvirágzása.

Bagdad, mint az új tudományos központ.

Néhány hamis — késő középkori eredetű — legenda:

- ▶ Az eredeti hvarizmi (horezmi) kultúra elpusztítása,
- ▶ az alexandriai könyvtár fölégetése,
- ▶ DE mind a horezmi, mind az alexandriai kultúra hanyatló korban volt,
- ▶ a tudósok délre, ill. keletre menekültek, a könyveket/műszereket is magukkal vitték.

A korai iszlám kultúrkör matematikája.

Az első időszak híres matematikusai.

- ▶ Abu Abdallah Muhammad ibn Músza **al-Hvárizmi** al-Mándzsúsi (780-850) algebrai értekezése.
- ▶ **Abu Kámil** Sudzsa ibn Muhammad al-Hászib al-Miszri (egyiptomi születésű, X. sz.) algebrai munkái, amelyek XV. századi itáliai héber fordításban maradtak fenn.
- ▶ **Szabit ibn Kurra** al-Harrani (Thabit Qurra) (IX. sz.) algebraja és számelmélete.
- ▶ Abul-Fath **Umar** ibn Ibrahim al-Hajjam, azaz **OMAR KHAJJAM** perzsa matematikus, csillagász és költő: harmadfokú egyenletek geometriai kezelése, naptárreform.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

- ▶ Eredeti címe (röviden): Al-kitáb al-muktaszir fi-hiszáb al-dzsabr val-mukábala, azaz Rövid könyv a dzsabr és a mukábala számolásról. Megtévesztő, mert a könyvnek csak egy kisebb része foglalkozik ezzel.
- ▶ A legnagyobb rész a hagyatéknek az iszlám örökösödési jog szerinti fölosztásával foglalkozik.
- ▶ A fennmaradt legteljesebb és leginkább autentikus arab kéziratát Oxfordban őrzik, ez 1362-ben készült.
- ▶ A két alapvető és sokáig újnak hitt módszere:
- ▶ **al-jabr** = kiegészít, visszaad, helyreállít (csontkovács!),
- ▶ matematikailag a **mérlegelv** alkalmazása.
- ▶ **al-muqabala** = egyszerűsítés, összevonás,
- ▶ matematikailag: **az egyenmű tagok összevonása** az egyenlet azonos oldalán.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Egy illusztráló feladat.

- ▶ *A 10-et két részre osztottam. Az egyiket megszoroztam a másikkal. Ezután az egyiket megszoroztam önmagával, s az a szorzat, amelyben az egyiket önmagával szoroztam négyszer akkora mint a két rész szorzata.*
- ▶ A szöveges megoldás szóhasználata:
- ▶ *dolog és tíz mínusz dolog* a két mennyiség, a négyzet pedig *bőség*, a két rész szorzata: *tíz dolog mínusz a bőség*.
- ▶ Mai jelölésekkel: megoldandó a

$$4x(10 - x) = x^2$$

egyenlet.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

A szöveg szerinti megoldás lépései.

$$\begin{aligned}4x(10 - x) &= x^2 \\40x - 4x^2 &= x^2 \\40x &= x^2 + 4x^2 \\40x &= 5x^2 \\x^2 &= 8x \\x &= 8.\end{aligned}$$

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

A tárgyalt egyenlet-típusok.

$$\begin{aligned}ax^2 &= bx & (1) \\ax^2 &= b & (2) \\ax &= b & (3) \\ax^2 + bx &= c & (4) \\ax^2 + c &= bx & (5) \\ax^2 &= bx + c. & (6)\end{aligned}$$

Természetesen minden együttható pozitív.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Számírásuk

- ▶ Hindu tradíciók alapján 10-es helyiértékes számrendszerük volt.
- ▶ Átvették a számjegyek írását is, lényegében náluk alakult ki a mai is használt kalligrafika.
- ▶ Átvették a számjegy hiányának jelölését is,
- ▶ al-Hvarizmi alkalmazta először a mai zéróra emlékeztető jelet:
- ▶ ... a hiányzó számjegy helyére írjal köröcskét.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Egy (4) típusú feladat.

Egy négyzet és tíz gyöke ugyanazon mennyiségnek harminckilenc dirhem, azaz mi legyen az a négyzet, amelyet saját gyökének tízszeresével növelve harminckilenc?

Az eredeti szöveges megoldás.

- ▶ Megfelezed a gyökök számát, amely most ötöt ad. Ezt megszorozod önmagával; a szorzat huszonöt.
- ▶ Add ezt hozzá a harminckilenchez; az összeg hatvannégy. Vedd most ennek gyökét, ami nyolc, vond ki belőle a gyök felét, ami most öt.
- ▶ A maradék három. Ez a gyöke a keresett négyzetnek; a négyzet maga kilenc.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Mai szimbolikával:

$$\begin{aligned} x^2 + 10x &= 39 \\ x^2 + 10x + 25 &= 39 + 25 \\ (x + 5)^2 &= 39 + 25 = 64 \\ x + 5 &= \sqrt{64} = 8 \\ x &= 8 - 5 = 3 \end{aligned}$$

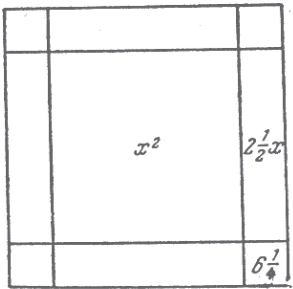
al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Az eredeti szöveges megoldás geometriai indoklása:

- ▶ Rajzoljunk egy négyzetet, és mindegyik oldalához illesszünk egy-egy $\frac{10}{4}$ magasságú téglalapot.
- ▶ Egészítsük ki négyzetté, ami négy $\frac{10}{4}$ oldalú négyzet hozzávételét jelenti.
- ▶ A kapott négyzet területe $39 + 4 \cdot \left(\frac{10}{4}\right)^2 = 64$.
- ▶ Ennek oldala 8 hosszúságú, így a „belső négyzet” oldala $8 - 2 \cdot \frac{10}{4} = 3$.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Az ábra.



al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Az általános megoldás mai jelölésekkel.

- ▶ Megoldandó egy $x^2 + px = q$ alakú egyenlet.
- ▶ A szöveges megoldás mai formulákba öltve:
- ▶

$$\begin{aligned} x^2 + 4 \cdot \left(\frac{p}{4}\right)x + 4 \cdot \left(\frac{p}{4}\right)^2 &= q + 4 \cdot \left(\frac{p}{4}\right)^2, \\ \left(x + 2 \cdot \frac{p}{4}\right)^2 &= q + 4 \cdot \left(\frac{p}{4}\right)^2, \\ x + 2 \cdot \frac{p}{4} &= \sqrt{q + 4 \cdot \left(\frac{p}{4}\right)^2}, \\ x &= \sqrt{q + \left(\frac{p}{2}\right)^2} - \frac{p}{2}. \end{aligned}$$

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

Egy (5) típusú egyenletre vezető feladat.

- ▶ A szöveges probléma az

$$x^2 + 21 = 10x$$

egyenletre megoldását kéri.

- ▶ **Megjegyzés.** Egy ilyen típusú egyenletnek két pozitív gyöke is lehet.
- ▶ al-Hvárizmi itt meg is adta mindkettőt.

al-Hvárizmi algebrai értekezése.

A szöveges megoldás.

- ▶ Felezd meg a gyököt, ez öt lesz, és szorozd meg önmagával,
- ▶ lesz huszonöt, és vonj le belőle huszonegyet, amennyivel a négyzet ki van bővítve, marad négy,
- ▶ vonj ebből gyököt, ez kettő lesz, és vond ki ezt a gyök feléből, azaz ötből, marad három;
- ▶ és ez lesz a négyzet gyöke, amelyet keresel, a négyzet pedig kilenc.
- ▶ Ha pedig akarod, add ezt (a kettőt!) a gyökök feléhez, ez hét lesz,
- ▶ és ez a négyzet gyöke, amelyet keresel, a négyzet pedig negyvenkilenc.

Megjegyzés.

A matematika deduktív tárgyalása valamikor Diophantosz idején fokozatosan visszaszorul, újra teret nyer az empirikusság. Al-Hvárizmivel kezdődően az iszlám matematikusok egy lépést tesznek a deduktivitás felé: még nem jönnek elő szigorú bizonyítások, DE valamiféle „indoklásokat”, főleg geometriaiakat, vezetnek be.

Abu Kamil egy feladata.

Osszuk föl a tízet két részre úgy, hogy a részek hányadosai összege önmagával szorozva öt.

Mai jelölésekkel.

Ha a két rész x és $10 - x$, akkor megoldandó az

$$\frac{x}{10 - x} + \frac{10 - x}{x} = \sqrt{5}$$

egyenlet.

Abu Kamil egy feladata.

Megoldás 1: al-Hvárizmi eljárását követve.

1. Mindkét oldalt szorozzuk meg a két nevező szorzatával:

$$(2 + \sqrt{5})x^2 + 100 = (20 + \sqrt{500})x,$$

2. szorozzuk meg a két oldalt $\sqrt{5} - 2$ -vel (!!!)

$$x^2 + \sqrt{50000} - 200 = 10x,$$

3. amiből már kapjuk, hogy

$$x = 5 - \sqrt{225 - \sqrt{50000}}.$$

Abu Kamil egy ötlete.

- ▶ A végeredmény nyilván nem tetszett neki ezért újabb módszert keresett: „dolognak” azaz a határozatlannak most a két rész hányadosát tekintette:
- ▶ ami mai jelöléssel $\frac{10-x}{x} = y$.
- ▶ Így megoldandó az $y^2 + 1 = \sqrt{5}y$ egyenlet, ami egyszerűbb alakú.
- ▶ Ennek megoldása
$$y = \sqrt{1\frac{1}{4}} - \frac{1}{2}.$$
- ▶ Ebből x -re az $x^2 + 10x = 100$ egyenlet adódik, amit könnyű megoldani (al-Hvárizmi):
- ▶ $x = \sqrt{125} - 5$.

Harmadfokú egyenletek.

Ókori előzmények.

- ▶ Mezopotámiában a I.e. XVIII. századtól speciális alakú harmadfokú egyenletekre vezető feladatok is voltak, pl.
- ▶

$$\begin{aligned}x^2(x + 1) &= A \\ x^3 &= B.\end{aligned}$$

- ▶ A megoldásokat speciális táblázatokból olvasták le.

Islám.

A bagdadi iskola matematikusai csak másodfokú egyenletekre vezető problémákat tárgyaltak.

Harmadfokú egyenletek.

Új tudományos központok.

- ▶ Bagdad csak a X. század végéig volt a legfőbb tudományos központ.
- ▶ A XI. - XII. századtól fokozatosan egyre északabbra kerültek a tudományos központok, először a mai Irán területére.
- ▶ Az utolsó jelentős olyan iszlám tudományos központok, amelyek színvonala meghaladta a korabeli európaikat, a mai Üzbegisztán területén voltak: Szamarkand és Buchara (XV. sz.).

Omar Khajjam

- ▶ Majdnem teljes neve: **GHIJJASZU-D-DIN ABU-L-FATH OMAR IBN IBRAHIM AL-KHAJJAM**, 1048 körül született Nisapur (Khorasszan) városában. Sok helyen tanult sokféle tudományt: az irodalomtól a csillagászaton át a matematikáig.
- ▶ 1074-ben Maliksáh szultán udvarában fontos tisztséget kapott.
- ▶ Matematikai traktátusokat (A jabr és a mukabala számítások bizonyítása, Kommentárok Euklidesz műveihez, stb.)
- ▶ Csillagászati táblázatokat készített egy bevezetendő naptárrendszerhez, és a javaslatát el is készítette a 80-as évek végére. Obszervatóriumot vezetett.
- ▶ A kor legnagyobb perzsa költője is volt: Rubáijjátok (kb. száz gyönyörű négysoros vers a élet szépségéről).
- ▶ A szultán erőszakos halála után kegyvesztett lett, elhagyatottan halt meg 1131 körül.

Omar Khajjam a költő.

V.
A rózsás Irám bizony elveszett.
S Dsemshyd hétgyűrűs Kelyhe hova lett?
Mindegy, ma is rubint-láng a Bor, és
Virág tömi a parti Kerteket.

XII.
Egy jó Verskötet a Pálmák alatt,
s Kenyér, kancsó Bor, és ha kobzodat
megzendíted itt a Vadonban, — óh
Paradicsom rögtön Sivatag!

Omar Khajjam a költő.

XIV.
Nézd, hogy nevet a nyíló Rózsa rád!
„Sietek élni” — mondja — „szép Világ”,
mert selyem erszényem fölhasad és
a kert Sarába ölti Aranyát!

LV.
Barátaim, jókedvem van nagyon,
egész Házam megint Lakodalom:
elhagytam az Észet, a meddő Banyát,
s a Szöllő Lánya az új Asszonyom.

Omar Khajjam a költő.

LVIII.
Az esti Kocsma-Kapunál, ahol
ültem, nemrég egy sugárzó, komoly
Angyal jött; vállán Korsó; fogta és
felém nyújtotta. S mi volt benne? — Bor.

LVII.
„Sokat számoltál, s így lett végre jobb
Naptárod, Éveid?” — kérdik, — Ah dehogy!
csak töröltem a meg-nem-született
Holnapot és a halott Tegnapot.

Harmadfokú egyenletek.

Omar Khajjam egyik legszebb eredménye.

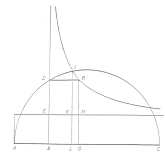
- ▶ Egy köb meg egy oldal és valamely szám együtt egyenlő egy négyzettel.
- ▶ A következő geometriai problémát kell megoldani: Adott egy egységnyi szakasz, továbbá az a, b, c szakaszok. Konstruáljunk meg egy olyan x szakaszt, amelyre

$$x^3 + b^2x + a^3 = cx^2.$$

Omar megoldása 1.

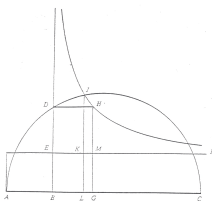
Előkészületek.

1. A konstrukció alapja a párhuzamos szelők tétele.
2. Keressünk egy olyan z szakaszt, amelyre $b : a = a : z$.
3. Határozzunk meg egy olyan m szakaszt, amelyre $b : z = a : m$.
4. Világos, hogy $m = a^3/b^2$.
5. A megszerkesztendő alakzat a következő:



Omar megoldása 2.

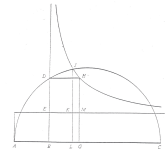
Ábra.



Szerkesztés 1.

Omar megoldása 3.

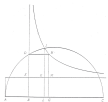
Ábra.



Szerkesztés 2.

Omar megoldása 4.

Ábra.

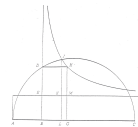


Szerkesztés 3.

4. A BC szakaszon szerkesszük meg azt a G pontot, amelyre $ED : BE = AB : BG$ (ismét a párhuzamos szelők tétele), majd rajzoljuk meg a $DBGH$ téglalapot.
5. A H ponton át rajzoljunk egy olyan derékszögű hiperbolát (egyenlete $xy = \text{const.}$), amelynek aszimptotái az EF és ED egyenesek. Messe a hiperbola a félkört J -ben.

Omar megoldása 5.

Ábra.

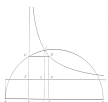


Szerkesztés 4.

6. Húzzunk J -n keresztül párhuzamost DE -vel, s messe ez EF -et K -ban, BC -t L -ben. Messe a GH az EF -et M -ben.
7. Állítjuk, hogy BL a keresett x hosszúságú szakasz.

Omar megoldása 6.

Ábra.

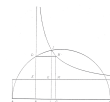


A bizonyítás 1.

1. Mivel J, H a hiperbola pontjai, $(EK)(KJ) = (EM)(MH)$.
2. $ED : BE = AB : BG$ maga után vonja, hogy $(BG)(ED) = (BE)(AB)$.
3. Az előző két egyenlőségéből: $(EK)(KJ) = (EM)(MH) = (BG)(ED) = (BE)(AB)$.

Omar megoldása 7.

Ábra.



A bizonyítás 2.

4. Mivel $(BL)(LJ) = (EK)(BE + KJ) = (EK)(BE) + (EK)(KJ) = (EK)(BE) + (AB)(BE)$
5. a 3. pont alapján $= (BE)(EK + AB) = (BE)(AL)$,
6. és így kapjuk, hogy $(BL)^2(LJ)^2 = (BE)^2(AL)^2$.
7. A magasságtételt alkalmazva $(LJ)^2 = (AL)(LC)$.

