

# Tudományos diákkör

Szívesen vállalok TDK témavezetést, de van néhány feltételem és tanácsom. Mielőtt eljössz hozzám témát kérni, kérlek, nézd meg a szakdolgozati téma kiírásokat. Egyrészt ez ad egy benyomást a matematikai ízlésemről, másrészt neked adhat némi ötletet milyen témát szeretnél kutatni.

Az elvárásaim elég nagyok. Lényegében csak akkor érdemes megkeresned ha évfolyamod 10 legjobbja között vagy, ugyanis a kutatáshoz nagyon nagyon magabiztos problemamegoldó képesség kell, ami évfolyamonként csak kevés emberre jellemző. (Ez nem az egyetem kritikája, a világon a legtöbb egyetemista még nem áll készen a kutatásra. Az, hogy egyáltalán van 10 ilyen ember évfolyamonként az ELTE-n, az az ELTE dícsérete, egyáltalán nem minden egyetemre igaz ez.) Másik feltételem a magabiztos angol tudás: szinte biztos, hogy egy-két cikket el kell majd olvasnod. Ez persze nem csak azt jelenti, hogy angolul tudnod kell, hanem, hogy elég érettnnek kell lenned igazi cikkek olvasásához.

**Néhány tanács ha velem akarsz dolgozni.** Nagyon tudom ajánlani és ebben abszolút partner vagyok, hogy ne tanév alatt kutass, hanem nyáron, akár úgy, hogy minden nap bejössz az egyetemre, leülsz egy terembe és ha van valami kérdésed akkor csak átsétálsz az irodámhoz és megbeszéljük a problémát. Nyáron ugyanis sokkal több ideje van az embernek kutatni, mint tanévben amikor számos gyakorlaton és vizsgán kell helyt állnia.

Legyél proaktív, ne várd, hogy én szervezzem a személyes találkozókat. Ha írsz nekem, hogy találkozni akarsz, akkor jó eséllyel még azon a héten találunk egy közös időpontot.

**Néhány általános tanács.** A cél nem az, hogy az első cikkeddel Fields-medált kapj. Ha Bsc-sen van egy cikked, ami 6 oldalas, néhány egyszerű, egymással kapcsolatos dolog be van bizonyítva benne, az szuper. Nagyon sok diáknál látom, hogy maguk felé nagyobb az elvárásuk, mint a témavezetőjüknek felőlük. Az első cikknél csak az a lényeg, hogy kipróbáld milyen a kutatás. Az, hogy bármi elérendő cél legyen, az szinte lényegtelen. (Ha további bátorítás kell, majd személyes beszélgetés során figyelmedbe ajánlok egy-két híres matematikus első cikkét. Aranyos, kedves cikkek.) A kutatás egy létra megmászása, amit minél korábban kezdesz, annál több az esélyed, hogy később magasra jutsz, de mindenki a létra alján kezdi a mászást.

A kutatás nem olyan, mint a versenyfeladat megoldás. Meg lehet, sőt ajánlott megváltoztatni az eredeti kérdést menet közben. Ne szégyeld feltenni a saját kérdéseidet. Lehet, hogy miközben a saját egyszerűbbnek látszó kérdéseiden gondolkozol rájössz valamire, ami az eredeti nehéznek látszó kérdésben is segít. Ha tudod, bontsd le az eredeti problémát kisebb kérdésekre. Számold ki kis példákat és játssz egy picit az alapfogalmakkal, még akkor is, ha ez időpocsékolásnak tűnik az eredeti probléma szempontjából. Ez azért hasznos, mert nem mindig van direkt útvonal egy probléma megoldásához, néha a hátsó ajtón kell bemenni. Egy fájlba írd fel magadnak mindent, amit kitaláltál, de legalább az állítást, pár hónap múlva ugyanis már nem fogsz emlékezni arra, hogy pontosan mit találtál ki. (Néha a bizonyítást nem írom fel, csak az állítást feladat formájában, aztán kitűzöm zh-n és csodálkozom, hogy senki nem oldotta meg.)

Segítsd a témavezetőd visszajelzésekkel. Előfordulhat, hogy a témavezetőd egy fiatal oktató-kutató, aki nagyon lelkes és együtt szuper dolgokra lennétek képesek, csak a

témavezetőd nem túl tapasztalt témavezetésben. Kérj konkrét problémát jól megfogalmazott céllal, a "mondj valami érdekeset arról a fogalomról, hogy ..." vagy "építsünk ki egy új modellt a mesterséges intelligenciára" nem jó problémák kezdőknek.

Érdemes barátoknak elmesélni, hogy min dolgozol és mik az ötleteid (most barátok alatt matematikus szakos barátokat értem, nem a néprajz szakosokat). Számodra is kicsit világosabb lesz, hogy mi az igazi probléma mikor megpróbálsz minél egyszerűbben megfogalmazni a problémát és könnyen lehet, hogy egy laikus kérdés egy másik irányra hívja fel a figyelmed vagy más megvilágításba helyezi a kérdést. Ez alól talán kivétel az, hogy ha egy híres probléma megoldásának közelébe értél, ilyenkor teljes hírzárlat.

Nem feltétlenül kell témavezető egy kutatáshoz. Az egy gyakori séma, hogy megoldasz egy nehéz feladatot egy feladattárból egyszerűbben, mint a hivatalos megoldás és utána az általad talált új ötletet próbálsz a végletekig fokozni, hogy az eredeti probléma egy messzemenő általánosítását kapd. Egy adott ponton azért érdemes egy oktatóval beszélni, nehogy kiderüljön, hogy az egész megközelítés teljesen ismert.

Ha nem volt sikeres a projekt, ne vedd túl komolyan. Semmiképp ne vond le azt a következtetést, hogy neked nem való a kutatás. A kudarcnak számos oka lehet: nem volt elég időd rá, most még túl korai volt, de legfőképpen az, hogy a probléma könnyen lehet, hogy tényleg dög nehéz volt és még 30 év múlva is teljesen megoldatlan lesz.

**Más lehetőségek.** A matematikai intézetben számos kutató van. Ha van valami érdeklődési köröd vagy ami még jobb, már egyedül elgondolkoztál egy problémán és azt szeretnéd folytatni egy oktató segítségével akkor szívesen segítek abban, hogy kit érdemes megkérdezni. Itt szeretném felhívni egy fontos dologra a figyelmed: ha odamész egy oktatóhoz és azt mondja, hogy az általad vizsgált területen már minden meg van oldva, gondolkodj valami máson (és valaki másnál), akkor nem jó oktatóhoz mentél oda. Az kétség kívül előfordulhat, hogy az általad vizsgált probléma épp meg van oldva, de hogy "minden" meg lenne oldva, azt erősen kétlem. Emellett az is előfordulhat, hogy te sokkal egyszerűbben tudsz bizonyítani dolgokat, mint ahogy az irodalomban van, mert van egy jó ötleted ami leegyszerűsít sok mindent. És ez persze nagyon is értékes.

Nem csak az ELTE-n lehet kutatni, csak a közelben van még egy BME és egy Rényi matematikai intézet is. Amire azonban fel szeretném hívni a figyelmet az a nyári külföldi kutatási lehetőségek. Általában a "math REU" keresőszavak mentén érdemes elindulni (REU: research experience for undergraduates). Általában február közepéig, március elejéig kell pályázni nyári kutatási lehetőségre. Ha segítségre van szükséged ezzel kapcsolatban, szívesen állok rendelkezésedre.

## Tippek, trükkök kutatáshoz

Alább összegyűjtöttem néhány tippet, trükköt a kutatással kapcsolatban. Rengeteg olyan gondolat van itt, ami már fentebb le van írva. Most némileg kifejtve megismétlem őket. Meglepő módon a gondolatok egy jó része inkább a pszichológia tárgykörébe tartoznak és arról szólnak hogyan tartsunk fenn a motivációt a kutatáshoz. (Ha még nem kutattál ez most furcsa is lehet, pár hét kutatás után viszont világos lesz mi a probléma.)

Egy fontos alapgondolat az, hogy folyamatosan fenn kell tartani az aktív szellemi tevékenységet a kutatás irányába. Rengeteg ember elköveti azt a hibát, hogy mivel épp elakadt, nincs ötlete, ezért kihagy egy hetet, aztán egy hónapot, majd három hónapot... és egyszer csak azon kapja magát, hogy már azt mérlegeli, hogy mennyi erőfeszítést igényelne az, hogy visszahozza magát arra a szintre ahol abba hagyta, pedig

azt se értékelte túl sokra. Ilyenkor valójában már meghalt a kutatása és ekkor már hasznosabb ha bevallja magának az ember, hogy az adott témát teljesen le kell zárnia és valami újba kell fognia. Tehát a valódi kérdés az, hogy hogyan lehet fenntartani egy aktív szellemi tevékenységet a kutatás irányába. A megoldás az, hogy az ember váltogatja, hogy pontosan mit csinál. Nézzünk néhány tevékenységi kört, amit lehet csinálni.

- (1) Problémamegoldó tevékenység. Amíg van ötlet, kérdés, lelkesedés addig ezt érdemes csinálni. Egy adott pár órás intervallumban céltudatosan egy problémára érdemes koncentrálni ugyanis ha túl sok mindenben gondolkodik egyszerre az ember, egyiket se fogja megoldani.
- (2) Cikk olvasása. Érdemes néhány, de nem rémisztően sok cikket a közelünkbe tartani (kb. 3-4 cikket), hogy ha nincs ötlet, megakadtunk akkor hasznosan töltsük az időt.
- (3) Feladat megoldás. Érdemes néhány alap állításra a területen saját bizonyítást keresni. Gyakran akkor tartjuk magunkat egy terület ismerőinek ha minden fontosabb állításra van saját bizonyításunk ami nincs leírva a könyvekben. Ez meglepően jó érzéssel tölti el az embert. Ha vannak feladatok egy könyvben a témánkkal kapcsolatban, azokat is érdemes megoldani.
- (4) Játék a fogalmakkal. Időnként kísérletezni kell, kiszámolni kis példákat kézzel, sejtéseket tesztelni számítógéppel. Egy másik terület elméletével analóg elméletet építeni, keresni hozzá az építőköveket.
- (5) Jegyzetelni számítógépbe. Ez annyira fontos, hogy erről külön is fogok írni bővebben.

A legtöbb kezdő csak az (1)-es ponttal szokott foglalkozni illetve esetleg a témavezetője unszolására a (2)-es ponttal, pedig a (3)-as és a (4)-es pont legalább ennyire fontos ha el akarunk mélyedni egy témában, az (5)-ös pont pedig nélkülözhetetlen ha legalább egy félét eltöltünk a kutatással. A végső cikk leginkább az (1)-es és (4)-es pontokban végzett munkánkat fogja tükrözni. Gyakran az igazán szellemes, meglepő gondolatainkat a (4)-es tevékenység végzése közben nyerjük. Elvileg lehetne úgy is kutatni, hogy nincsenek is konkrét kérdések, csak (4)-nek megfelelően megpróbáljuk felfedezni a területet. A tapasztalatom azonban az, hogy magában a (4)-es pont nem fog olyan jó eredményeket produkálni. A (4)-es és az (1)-es pont kapcsolata nagyjából az ami a túrabakancs és a hegy kapcsolata. Egy túrabakancs magában is értékes, de egy hegy az ami kihozza a túrabakancsból és belőlünk a maximumot.

**Számítógépbe jegyzetelés.** Szinte mindig vannak olyan periódusok mikor nincsen új ötletünk, megakadtunk. Ilyenkor egy hasznos tevékenység ha el kezdjük beírni egy számítógépbe amit viszont tudunk. Ha nagyon megy a szeker akkor is érdemes 2-3 hetente időt szakítani arra, hogy felírjunk mindent amit tudunk, különben elfelejtünk olyan dolgokat, amelyeket adott pillanatban nem gondoltunk értékesnek, pedig lehet, hogy később nagyon is fontosnak bizonyulnának. Mit érdemes felírni? Röviden mindent: elolvasandó cikkek listája, sejtések, problémák, kérdések és persze az eredményeinket, bizonyításainkat vagyis mindent. (Ha nem igazán a témával kapcsolatos egy észrövetel akkor egy külön fájlba érdemes felírni legalább az állítást, később jó feladat lehet gyakorlatra.) Alább található milyen előnyei vannak ennek.

- (1) A legtriviálisabb előnye természetesen az, hogy így nem felejtünk el semmit.
- (2) Miközben beírunk egy bizonyítást gyakran meg kell gondolunk mindenféle apró részletet, ez pedig olyan feladatokhoz, kérdésekhez vezetnek amelyek segítenek az elmélyülésben. Egy-egy részlet leírása közben azon fogunk gondolkozni, hogy

nem lehetne kicsit jobbat bizonyítani vagy nincs-e valami elegánsabb gondolatmenet.

- (3) Érdemes leírni azokat az állításokat is, amelyekkel nem vagyunk megelégedve, úgy érezzük, hogy ennél jobbat is lehetne bizonyítani. Ez később, mint egy vörös posztó fog működni, mindenképp jobbat akarunk bizonyítani.
- (4) Ahogy gyűlnek a dolgok a fájlban rá fogunk jönni, hogy nem is olyan kevés az amit tudunk. Az ember fejében egy ötlet pár szóként jelenik meg, de mikor köréírunk egy teljes bizonyítást kiderül, hogy simán megtölt egy egész oldalt is amire rájöttünk.
- (5) Furcsa pszichológiai hatás, hogy ha már elég hosszú a fájl akkor azért is lelkebben dolgozik az ember, hogy még hosszabb legyen.
- (6) Időnként egy rég elfeledett, a fájlban talált állítás olyan problémával kapcsolatban ad ötletet ami még nem is létezett akkor amikor az állítást leírtuk. Nagyon hasznos időről időre átnézni, hogy milyen dolgok gyűltek össze. Fordítva is igaz: ha van egy új ötletünk érdemes visszaellenőrizni, hogy milyen korábbi problémákban lehet vele áttörést elérni.
- (7) Ha társszerzőnk van akkor nagyon sokat segít a kommunikációban a fájl megosztása.
- (8) A végső cikk megírásánál sokat gyorsít ha rengeteg mindent csak copy-pastelni kell. Ugyanez igaz pályázati beszámolókra és néha-néha egyetemi jegyzet írásánál is segít.

**Első cikk olvasása.** Sok diáknak kihívás egy igazi matematikai cikk elolvasása. Ez azért van, mert az egyetemi jegyzetekkel szemben itt már nagyon könnyen előfordulhat, hogy olyan tudásra épít a cikk, ami az olvasónak nincs meg. Viszont senki nem fog részletekbe menően levizsgáztatni a cikkből. Így igazából amit a témavezető elvár egy diáktól az az, hogy értse meg a diák a cikkben szereplő főbb tételeket és minél alaposabb képe legyen az alkalmazott módszerekről. Ha az a legnagyobb gondod, hogy nem érted, hogy a 7.oldal 10. sorában miért differenciálható az  $f$  függvény, akkor te alapvetően kiválóan tudsz cikket olvasni. Egy idő után az ember nem csak a témavezetőjétől kap cikkeket hanem maga is keres a témában. Amint egyre több és több cikkel találkozik az ember annál világosabb lesz, hogy végtelen mennyiségű idő hiányában kénytelenek vagyunk a cikkeket osztályozni aszerint, hogy mennyire akarjuk megérteni. Így előfordulhat, hogy a cikkek 95%-ból csak az absztraktot és egy-egy tételt olvasunk el. Az is előfordulhat, hogy felületesen ránézve a bizonyításokra az az elképzelésünk lesz, hogy ezt mi is meg tudnánk csinálni, így nem érdemes elolvasni a cikket. Valójában az egy fontos képesség, hogy minél gyorsabban eldöntsük, hogy valamit érdemes-e elolvasni illetve milyen alaposan érdemes elolvasni.

**Texnikai dolgok.** Matematikus nem ír cikket Wordben. Meg kell tanulni a tex használatát. Ennek nagyon nagyon sok szintje van, de az alapszinthez elég kb. 1 óra tanulás, 30 parancs ismerete és egy-két kölcsönkért mintafájl. Ezzel az alapszintű tudással már nagyon-nagyon sok mindent meg lehet csinálni. Érdemes a témavezetőddel konzultálni erről is, mert nagyon sok trükköt lehet tanulni. Ez az írás egyébként egy Windowsos gépen készült TeXnicCenter szövegszerkesztő és MikTeX használatával, de ha mindig van interneted, akkor lehet, hogy egyszerűen Overleafet érdemes használni.

**Keresés.** Itt leginkább egy dologra hívnánk fel a figyelmet. A Googlenak van egy Google Scholar verziója ami kifejezetten tudományos cikkek böngészésére van tervezve. Ez az oldal egyébként sokat tud segíteni a bibliográfia előállításában is mivel van bibtex

kimenete is (de ezt külön be kell állítani a menüjében, alpból nem adja!). A Google Scholar nem feltétlenül jobb, mint a Google, inkább csak más. Tapasztalatom az, hogy ha nem igazán tudom, hogy mit keresek akkor a Google jobb, mert jó eséllyel kidob egy egyetemi jegyzetet is, amiben szépen el vannak magyarázva a dolgok. Ha viszont elég specifikusan egy cikket keresek és sok információ van róla akkor a Google Scholar gyorsabban megtalálja. Ez utóbbi egyébként hivatkozások száma alapján teszi sorrendbe a cikkeket, ami nem biztos, hogy igazán releváns.

Az egyetemen elérhető még a Mathscinet is, ami ad egy rövid leírást is a cikkről. Sajnos ez a rövid leírás nem is olyan ritkán a cikk absztraktjával egyezik meg.