



Dr. Vankó Péter

**Izgalmas mérések és modellezések
a fizikaoktatásban és a tehetséggyondozásban**

Doktori (PhD) értekezés

**Témavezető: Dr. Beke Dezső
DE, Szilárdtest Fizika Tanszék**

Bevezetés

Tudományos eredmények

Új mérések a mérnök-fizikus laboratóriumban

Kaotikus kettős inga vizsgálata

Granulált anyagok vizsgálata

Mérési versenyfeladatok

Olimpiai válogató- és felkészítő versenyek

OKTV kísérleti forduló

Mérési versenyfeladatok „utóélete”

Középiskolai „workshop”

Tehetséggondozó mérési szakkör

Fizika az erdei iskolában

Összefoglalás

Mi az oka annak, hogy különböző felmérések szerint a fizika a legkevésbé szeretett iskolai tantárgy?

- **a természettudományok világszerte csökkenő presztízse**
- **a többség számára túlméretezett tananyag**
- **kevés kísérletezés**
- **túlzottan „steril” feladatok, kevés kapcsolat a valósággal, a hétköznapi problémákkal**
- **matematikai rutin hiánya**
- **„gondolkodásigényes” tantárgy**

Hogyan lehet ezen változtatni?

Meg kell mutatni, hogy a fizika izgalmas!

Három speciális terület

- gimnázium (speciális matematika tagozat)
- egyetemi alapozó fizikaoktatás
- tehetséggondozás

Bevezetés

Módszer

Hagyományos, magas szintű matematikai és fizikai alapok

- a jelenségek leírhatók, „megjósolhatók”
(az egzaktság, a kiszámíthatóság élménye)

Korszerű mérések

- izgalmas problémák vizsgálata, „élményfizika”
- reálisabb, árnyaltabb fizikai világkép

Számítástechnika használata

- bonyolultabb problémák kvantitatív elemzése magasabb matematikai ismeretek nélkül

Bevezetés

Tudományos eredmények

Új mérések a mérnök-fizikus laboratóriumban

Kaotikus kettős inga vizsgálata

Granulált anyagok vizsgálata

Mérési versenyfeladatok

Olimpiai válogató- és felkészítő versenyek

OKTV kísérleti forduló

Mérési versenyfeladatok „utóélete”

Középiskolai „workshop”

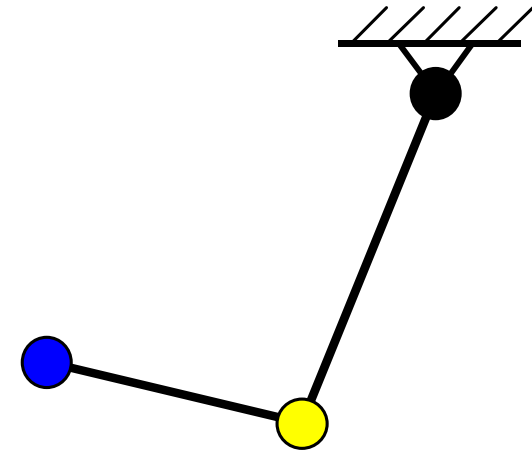
Tehetséggondozó mérési szakkör

Fizika az erdei iskolában

Új mérések a mérnök-fizikus laboratóriumban Kaotikus kettős inga vizsgálata V-scope-pal

A kettős inga az egyik legegyszerűbb mechanikai rendszer, ami kaotikusan viselkedik. Mozgása nagyon látványos. A mérési gyakorlaton a hallgatók a kettős ingát egymás után többször (amennyire csak lehet) ugyanabból a helyzetből indítják el, és V-scope-pal rögzítik a mozgását.

Az adatok feldolgozásával a mozgás kaotikus jellege jól tanulmányozható.



Tudományos eredmények



**A V-scope mérőrendszerben a tornyok infravörös jelére a gombocskák ultrahanggal válaszolnak. A gombocskák helyzetét a hangjel késéséből számítja a mikroszámítógép. (30 ms-onként, mm-es pontossággal.)
A hallgatók a V-scope-ot már egy korábbi mérésből (Csatolt ingák vizsgálata) ismerik.**



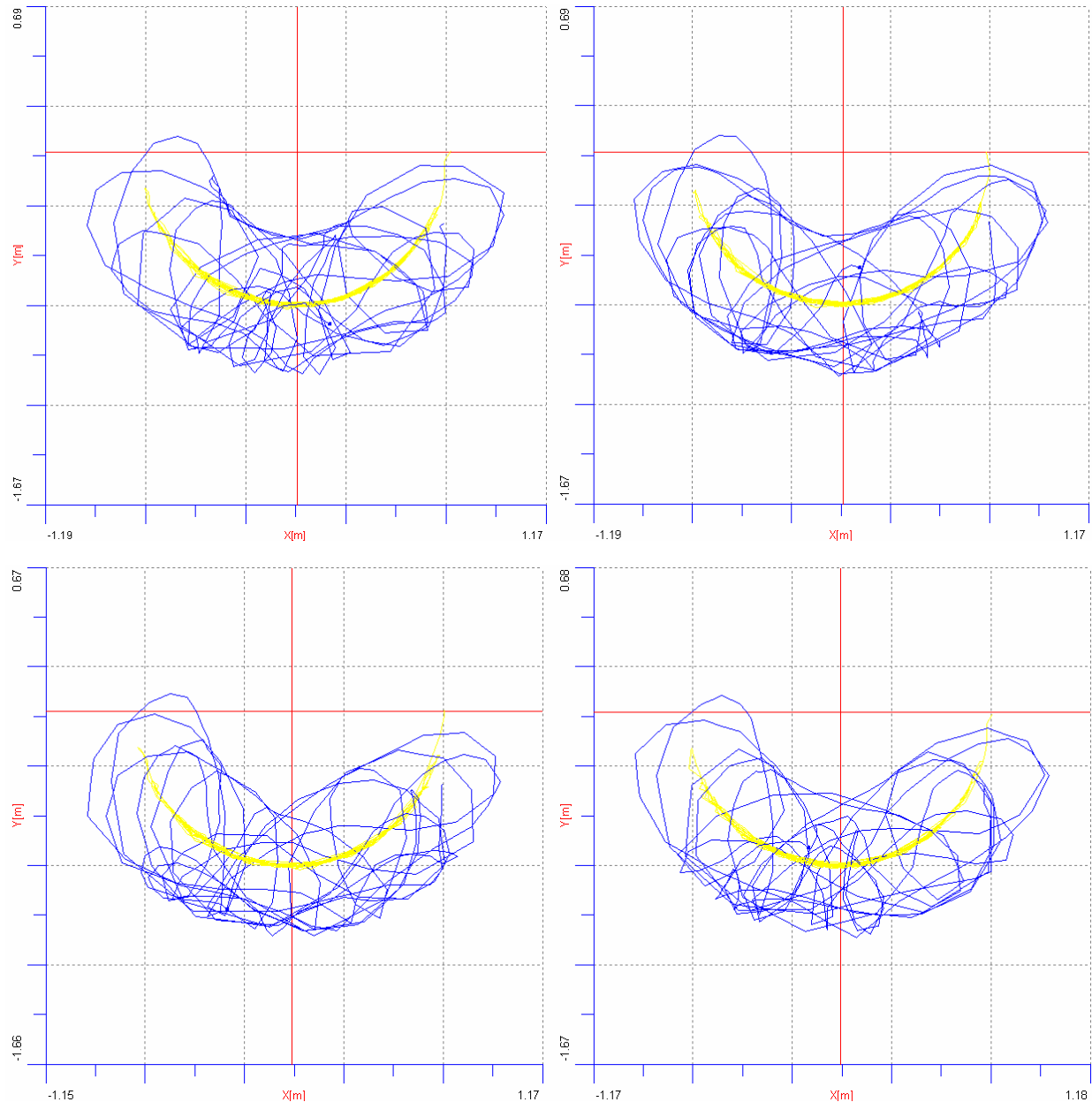
Tudományos eredmények

Négy, hibahatáron belül azonos helyről indított mozgás V-scope grafikonja.

Az indításkor a nagy kar vízszintes, a kis kar függőleges. A grafikonok a mozgás első 15 másodpercét ábrázolják.

A sárga ív a nagy kar, a kék vonal a kis kar végpontjának nyoma.

A grafikonok szemmel láthatóan különböznek egymástól.

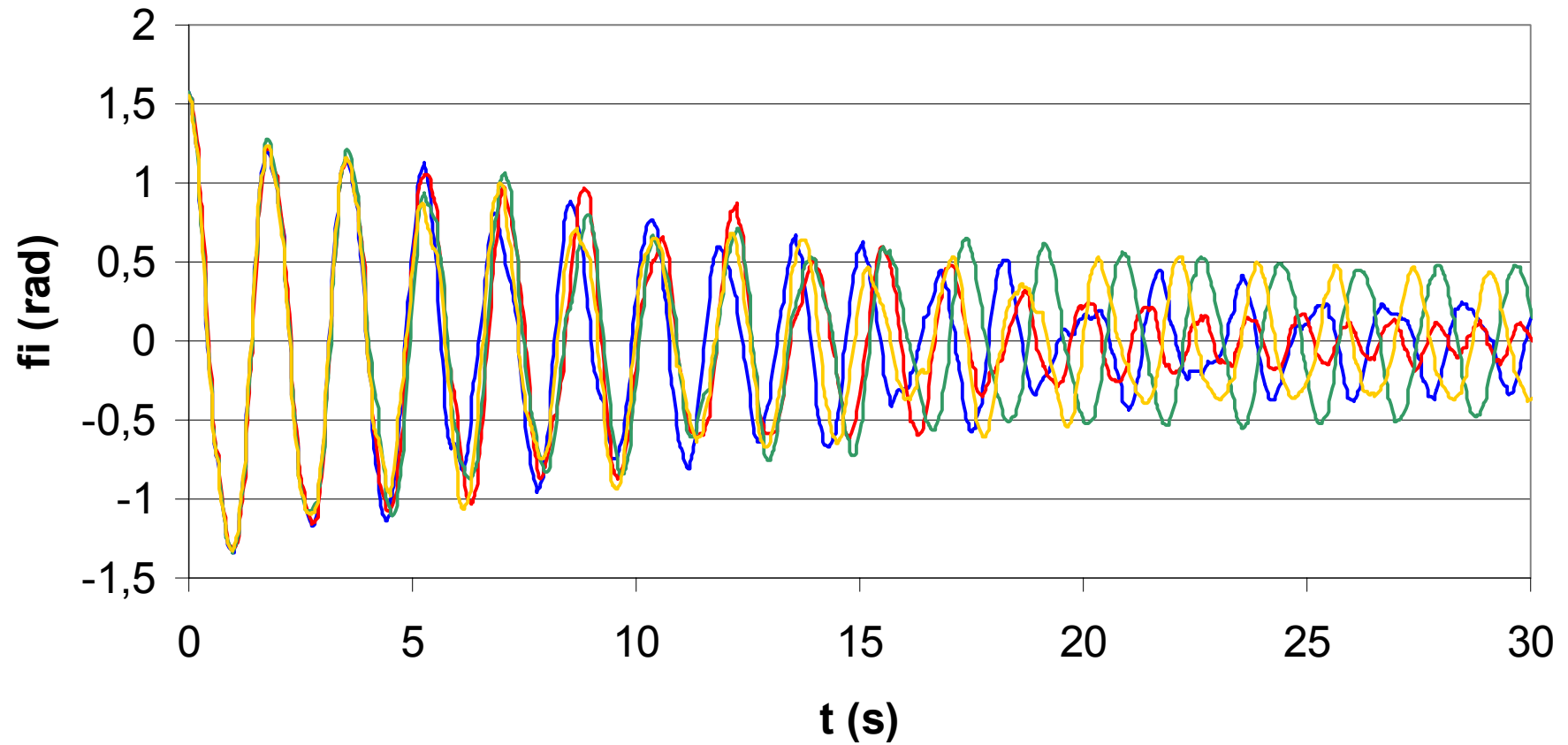


A mérési gyakorlaton a hallgatók 7 különböző helyzetből indított 4-4 mozgást rögzítenek.

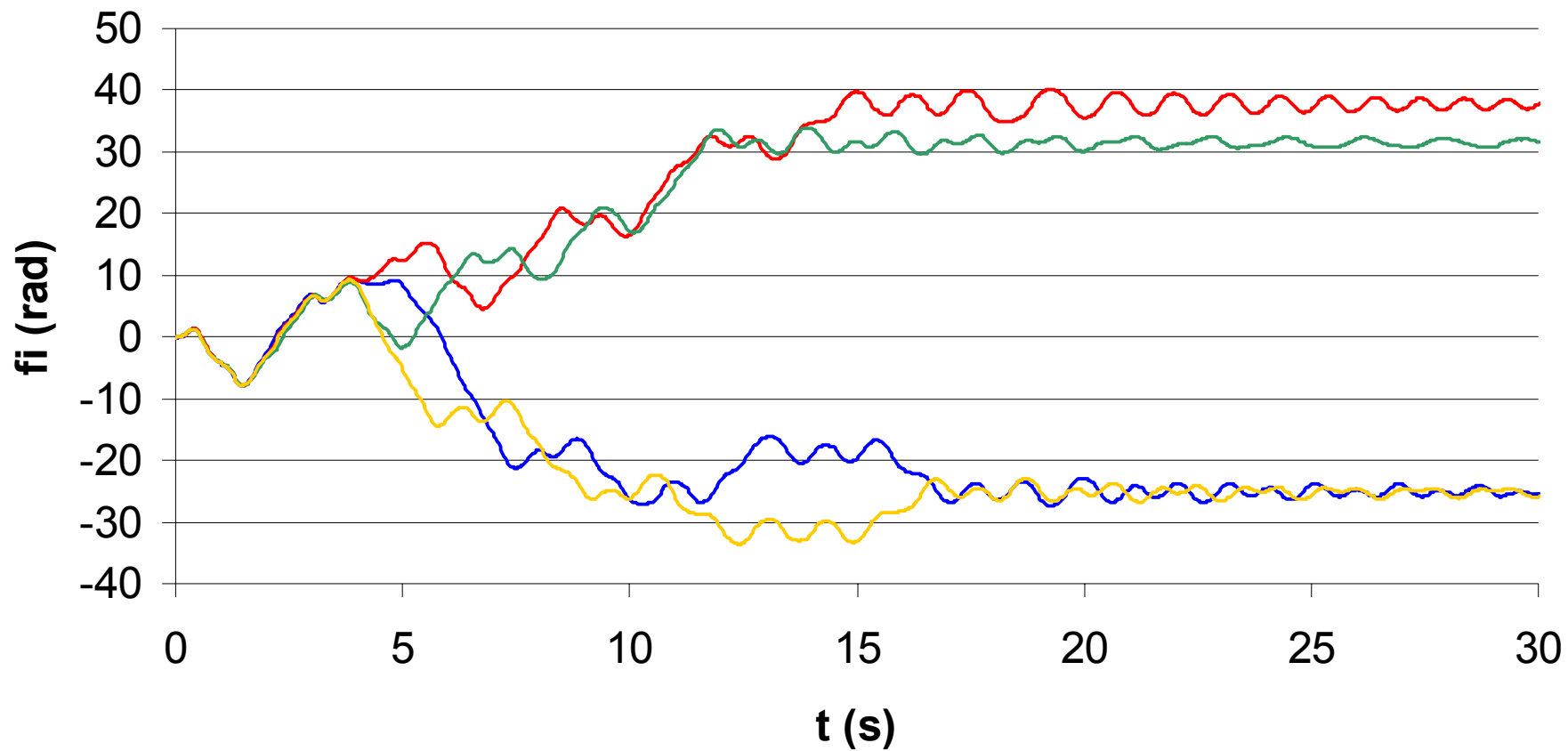
A mérési jegyzőkönyvben a V-scope-pal mért adatok (a két gombocska koordinátái az idő függvényében) alapján a két ingakar szögelfordulását kell meghatározniuk és ábrázolniuk az idő függvényében (tetszőleges számítógépes programmal).

Az adatfeldolgozás nem könnyű, mert a V-scope a két gombocskát nem egyszerre, hanem felváltva méri, és a kis kar (elegendően nagy kezdeti energia esetén) többször körbe is fordulhat.

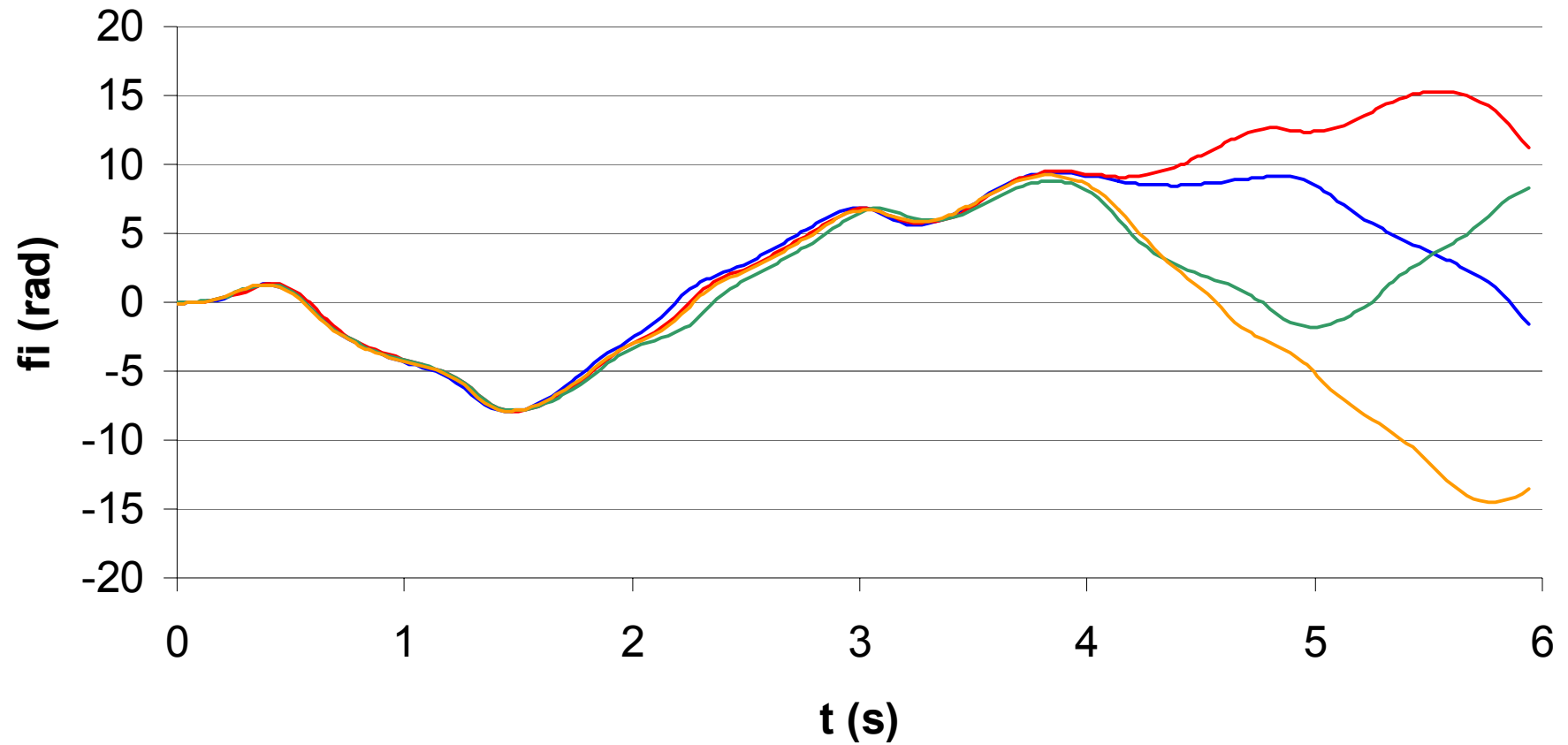
A nagy kar szögkitérése az idő függvényében



A kis kar szögkitérése az idő függvényében



Az első 6 másodperc kinagyítva



Új mérések a mérnök-fizikus laboratóriumban Granulált anyagok vizsgálata

Granulált anyagok:

- Új, intenzíven kutatott, de még csak részben megoldott problémák.
- Látványos, izgalmas, alapszinten is leírható kísérletek.

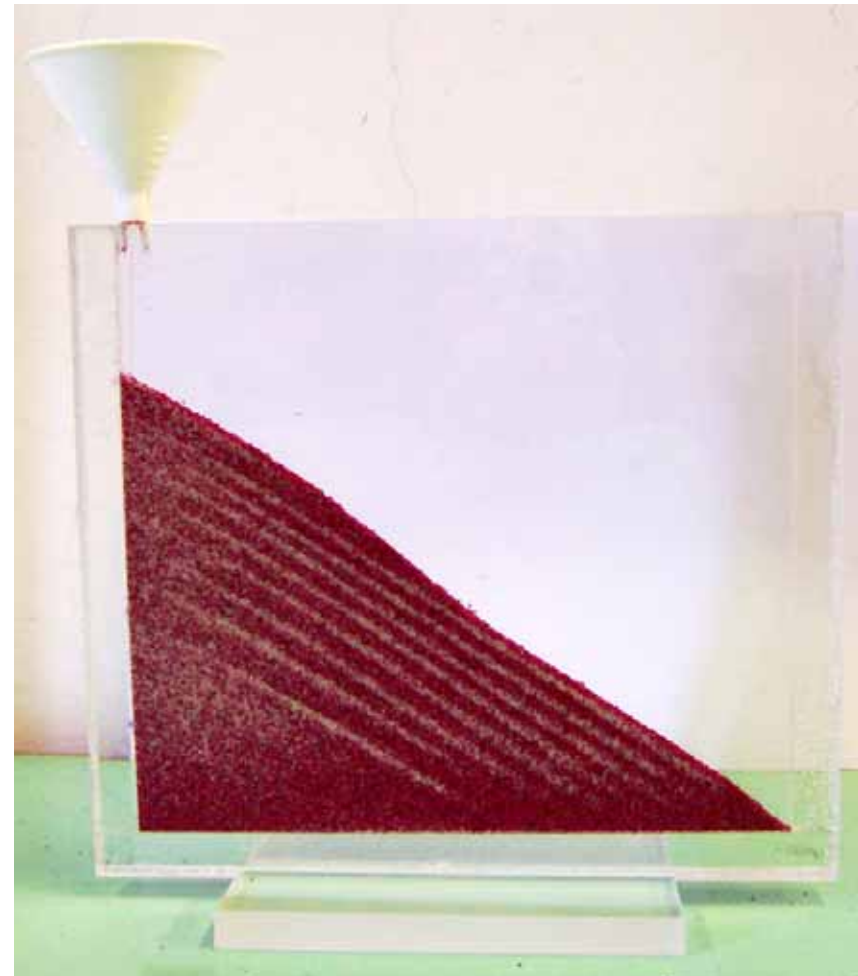
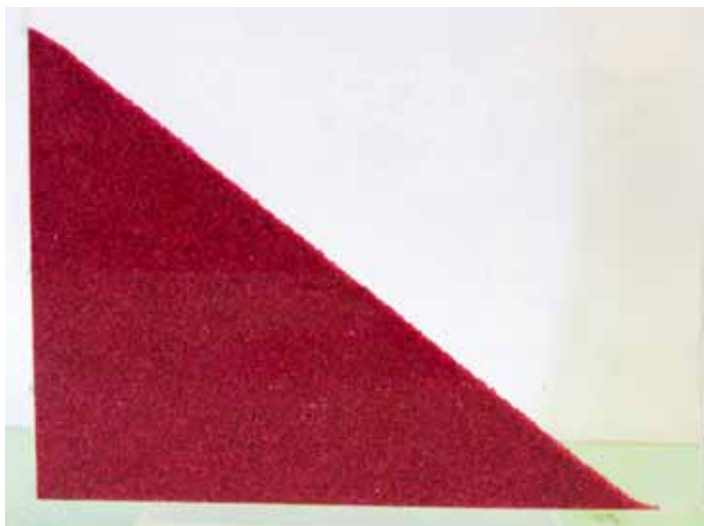
„Nyitott” feladat:

~~„Mérje meg a minta ... paraméterét!”~~

„Vizsgálja meg a jelenséget! Mit tapasztal?”

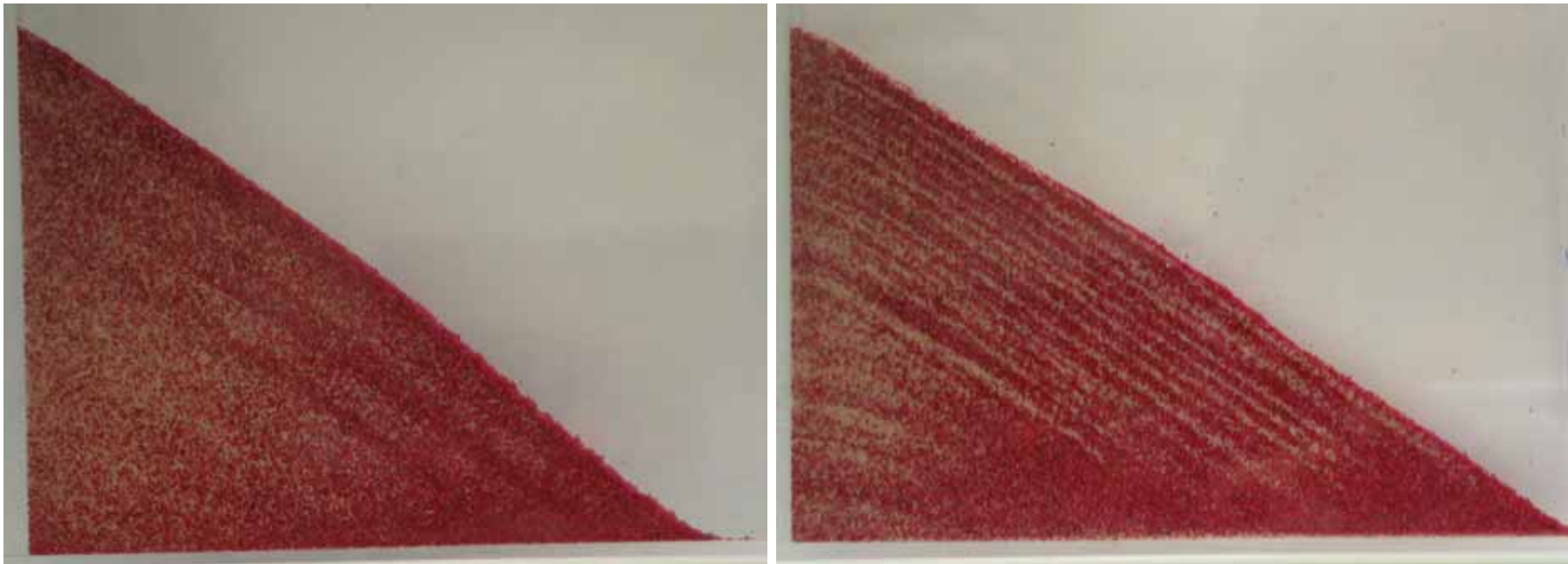
Tudományos eredmények

Rézsűszög mérése, rétegződés vizsgálata



Tudományos eredmények

Gyors és lassú beöntés **(piros díszhomok és sárga üveggöngy)**

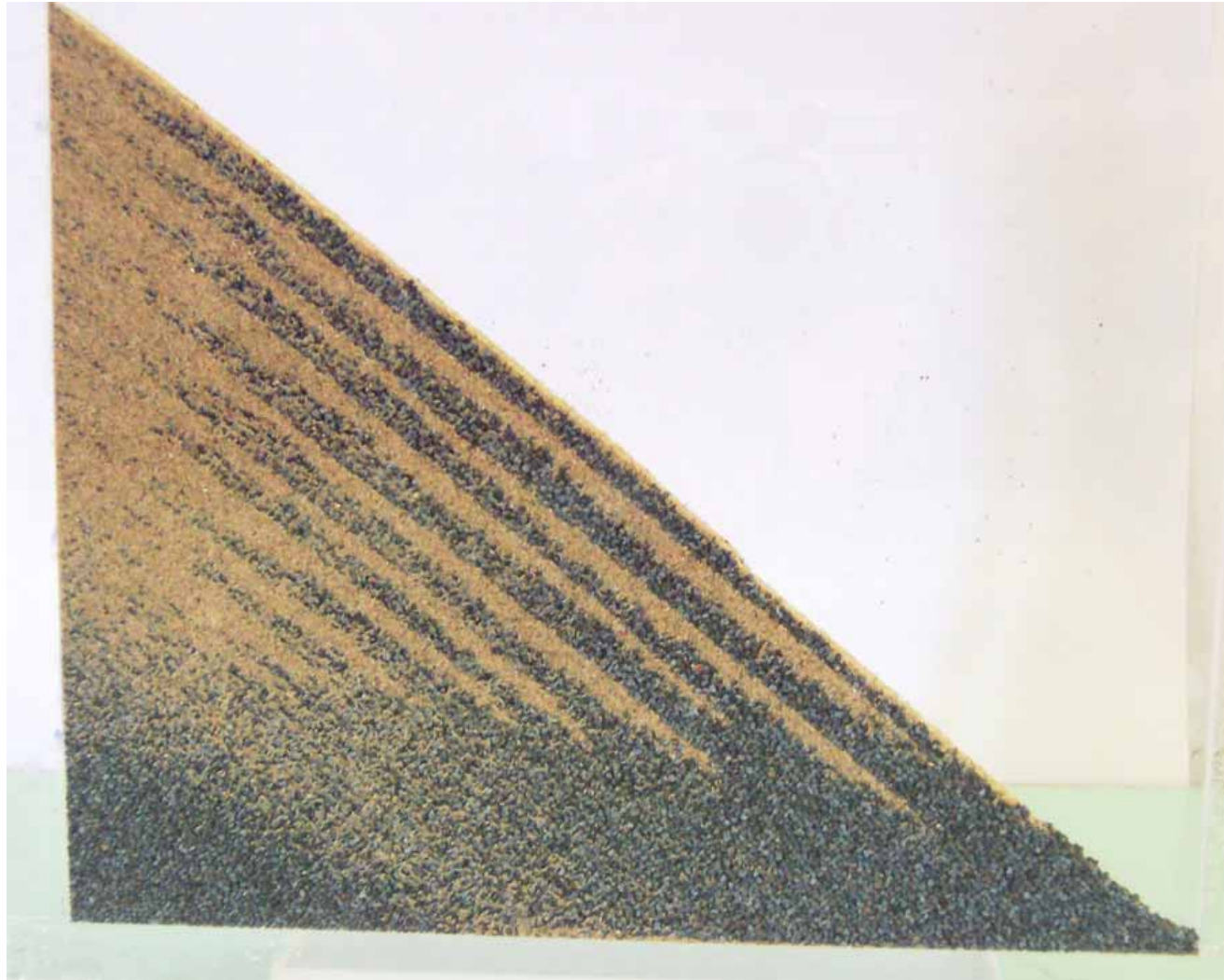


(a mérési gyakorlaton hallgatók által készített felvételek)

Dr. Vankó Péter: Izgalmas mérések és modellezések ... Doktori (PhD) védés Debrecen, 2007. május 9.

Tudományos eredmények

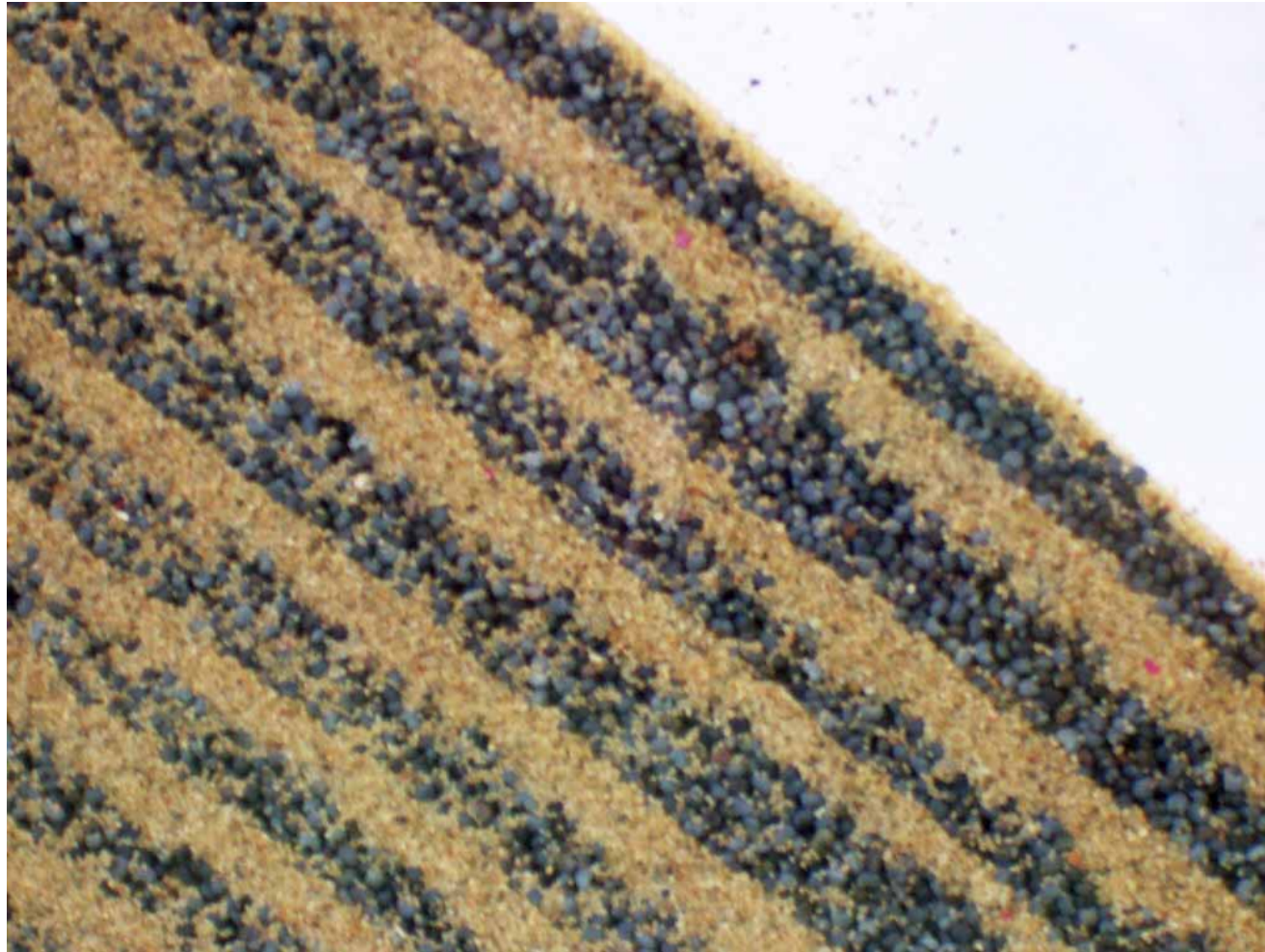
Mák és homok



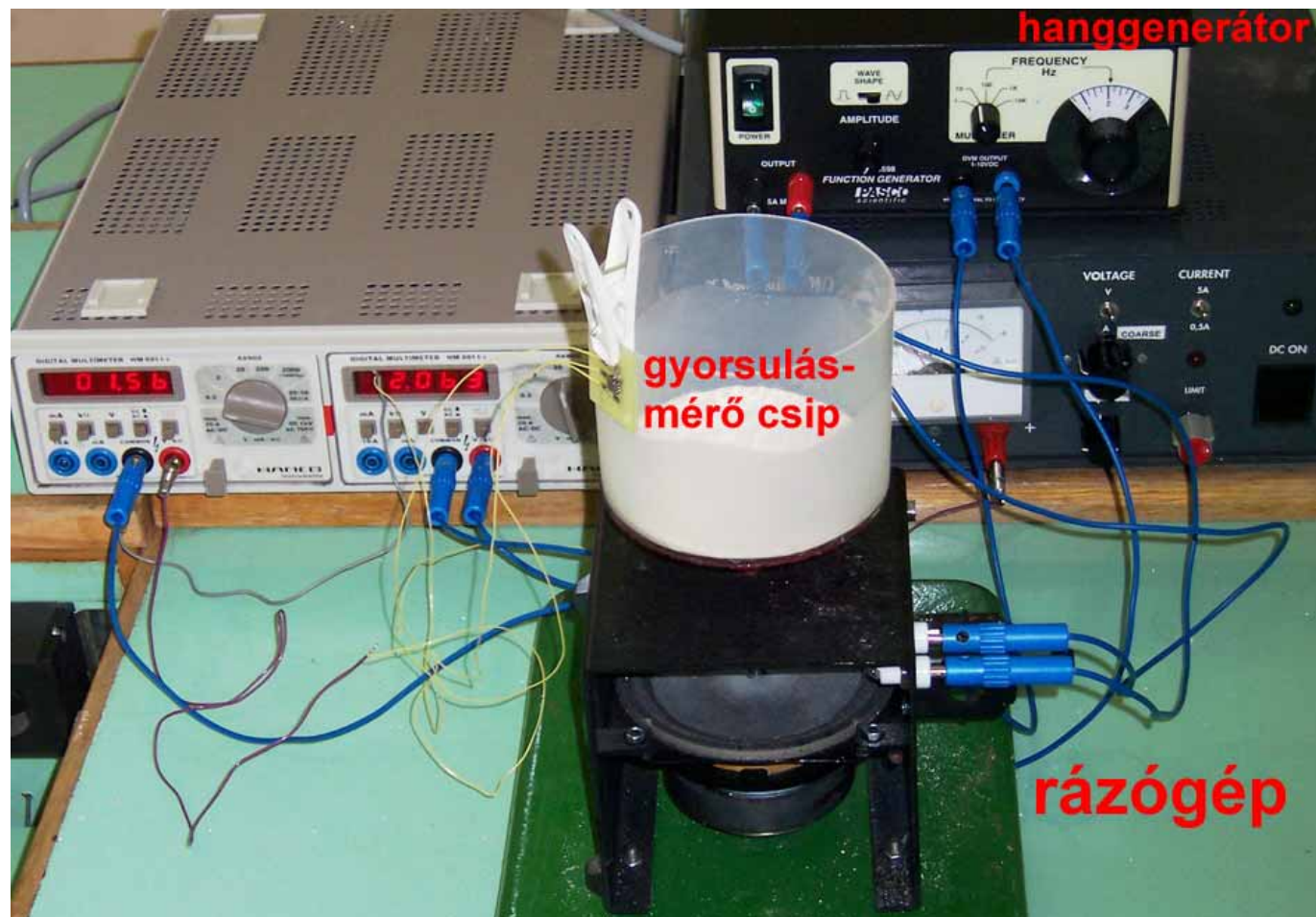
Dr. Vankó Péter: Izgalmas mérések és modellezések ... Doktori (PhD) védés Debrecen, 2007. május 9.

Tudományos eredmények

Mák és homok

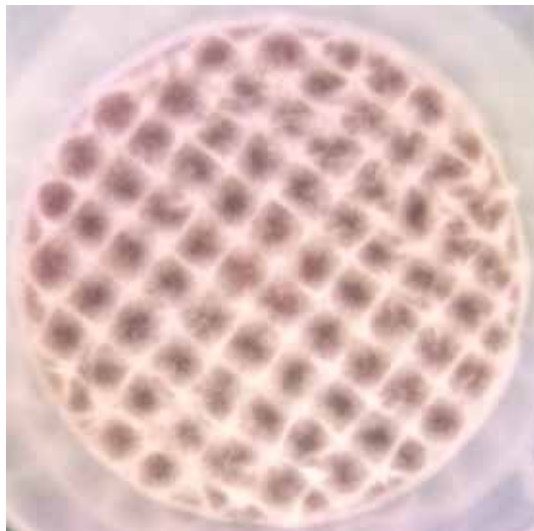
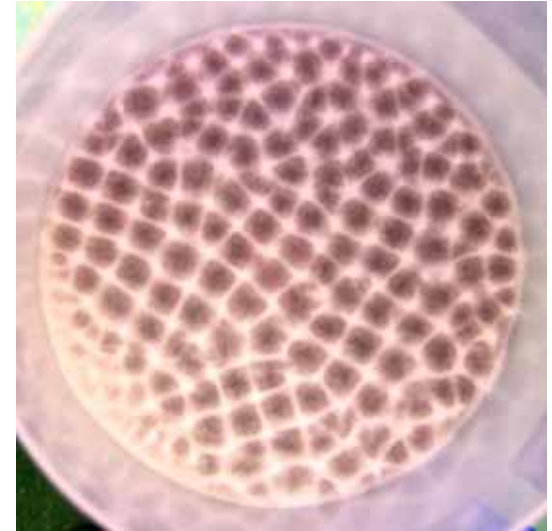
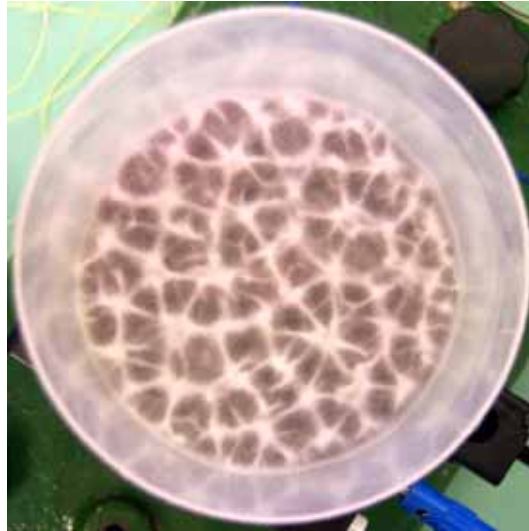


Mintázatképződés vizsgálata függőlegesen rázott granulált rétegben



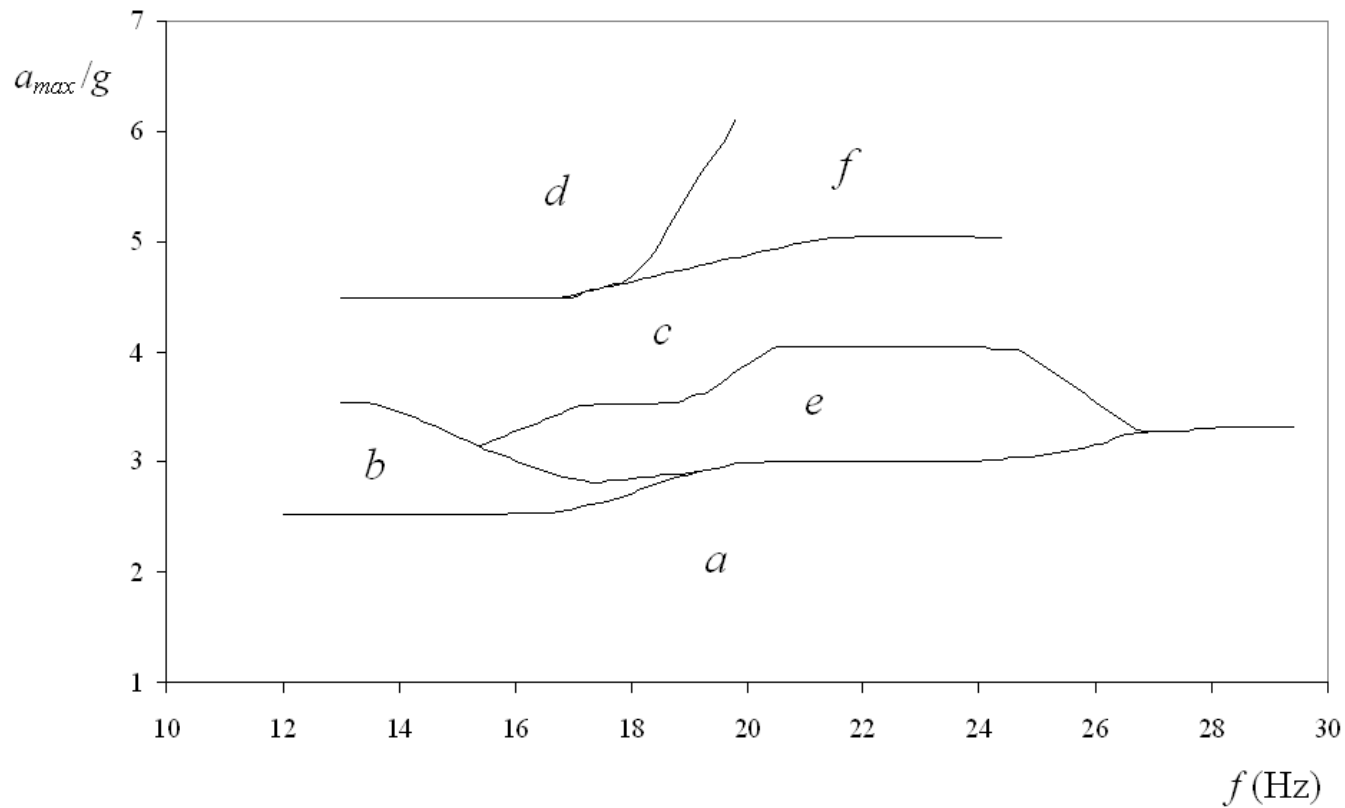
Dr. Vankó Péter: Izgalmas mérések és modellezések ... Doktori (PhD) védés Debrecen, 2007. május 9.

Tudományos eredmények



Tudományos eredmények

Hallgatók által kimért fázistérkép (150 μm -es üveggyöngy, 1 mm vastag réteg)



a: dombképződés

b: sima felület

c: szabálytalan formák

d: "fortyogás"

e: négyzetháló

f: körök

Mérési versenyfeladatok

Olimpiai válogató- és felkészítő versenyek

Válogatás és felkészítés olimpiai szintű feladatokkal

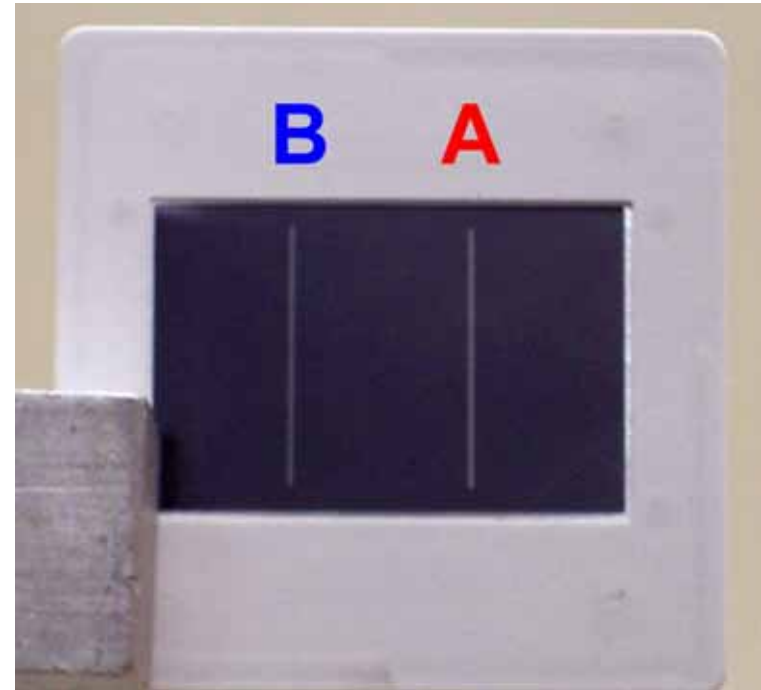
- elméleti feladatok
 - **mérések!**
-
- **a mérési feladat legyen érdekes, új, ismeretlen**
 - **a mérés elvégzése és kiértékelése is jelentsen kihívást a versenyzőknek**
 - **az eszköz ne legyen túl drága, sok példányban elkészíthető legyen**

Tudományos eredmények

Hullámoptikai feladat

Két optikai rendszert kell vizsgálni félvezető lézer segítségével.

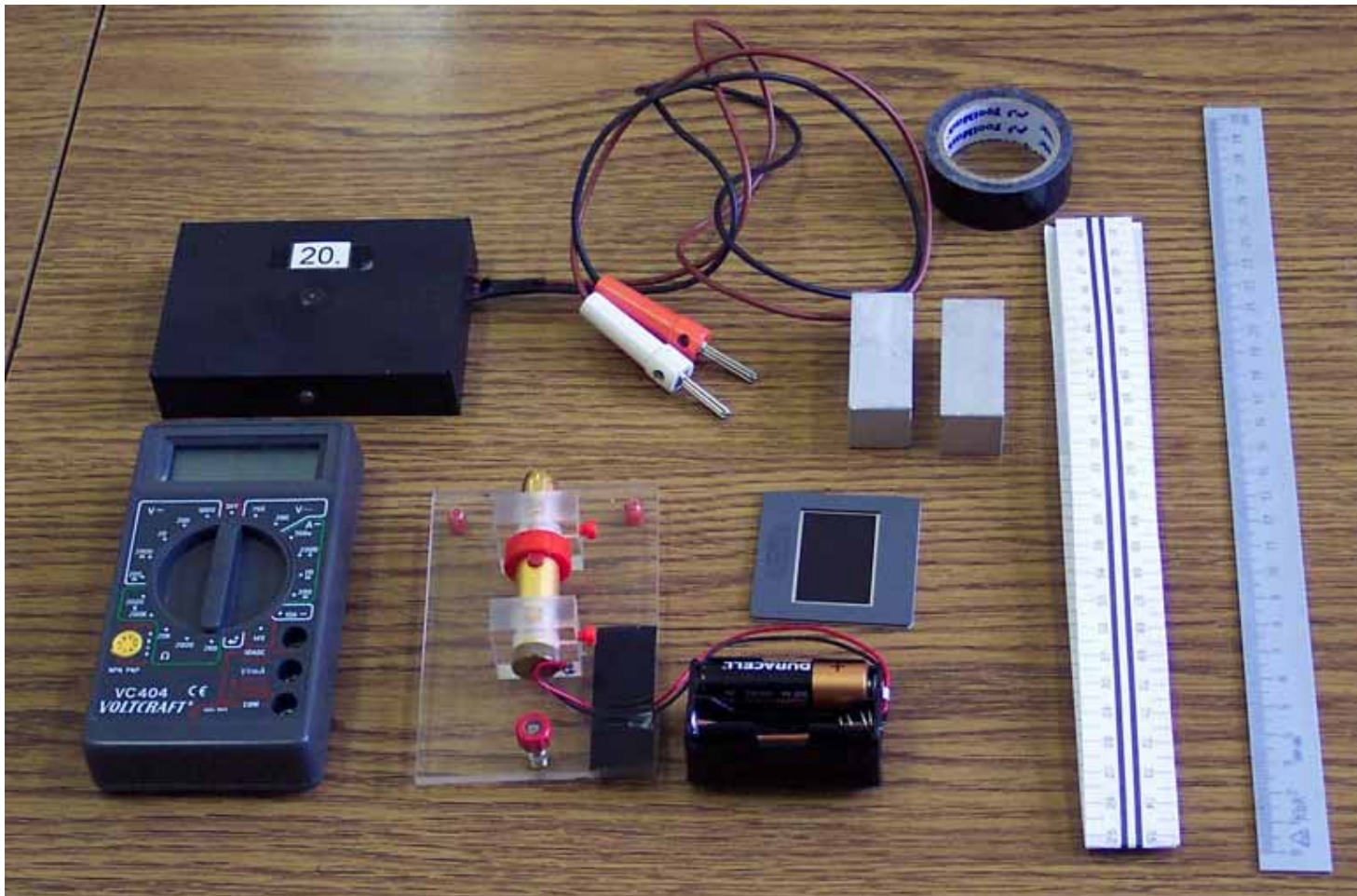
Mindkét rendszer (A és B) néhány egyforma, párhuzamos résből áll.



A diffrakciós kép alapján mindkét rendszerben meg kell határozni

a rések d távolságát, n számát és w szélességét.

Eszközök (házilag gyártott detektorral)

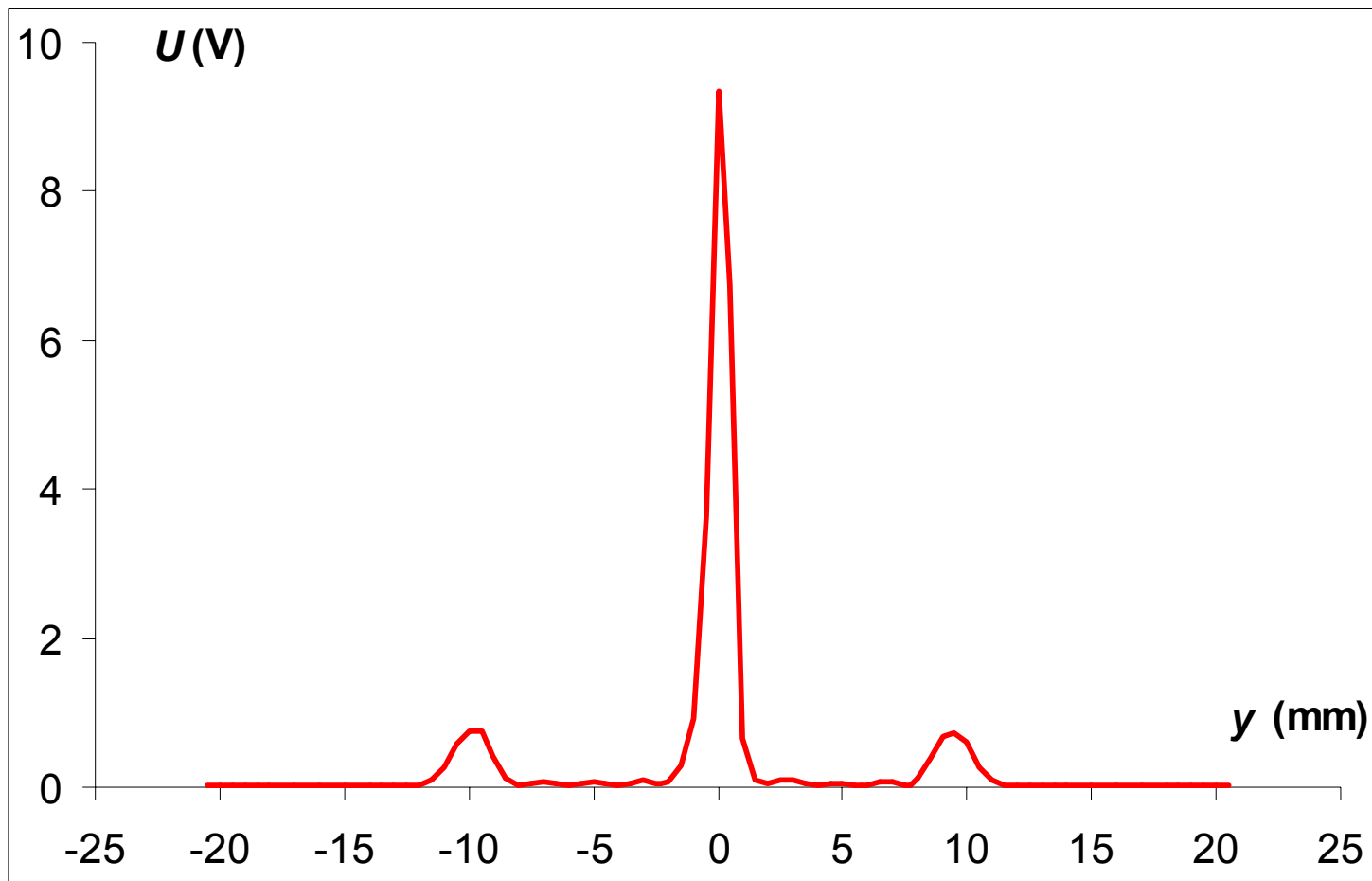


Mérési összeállítás



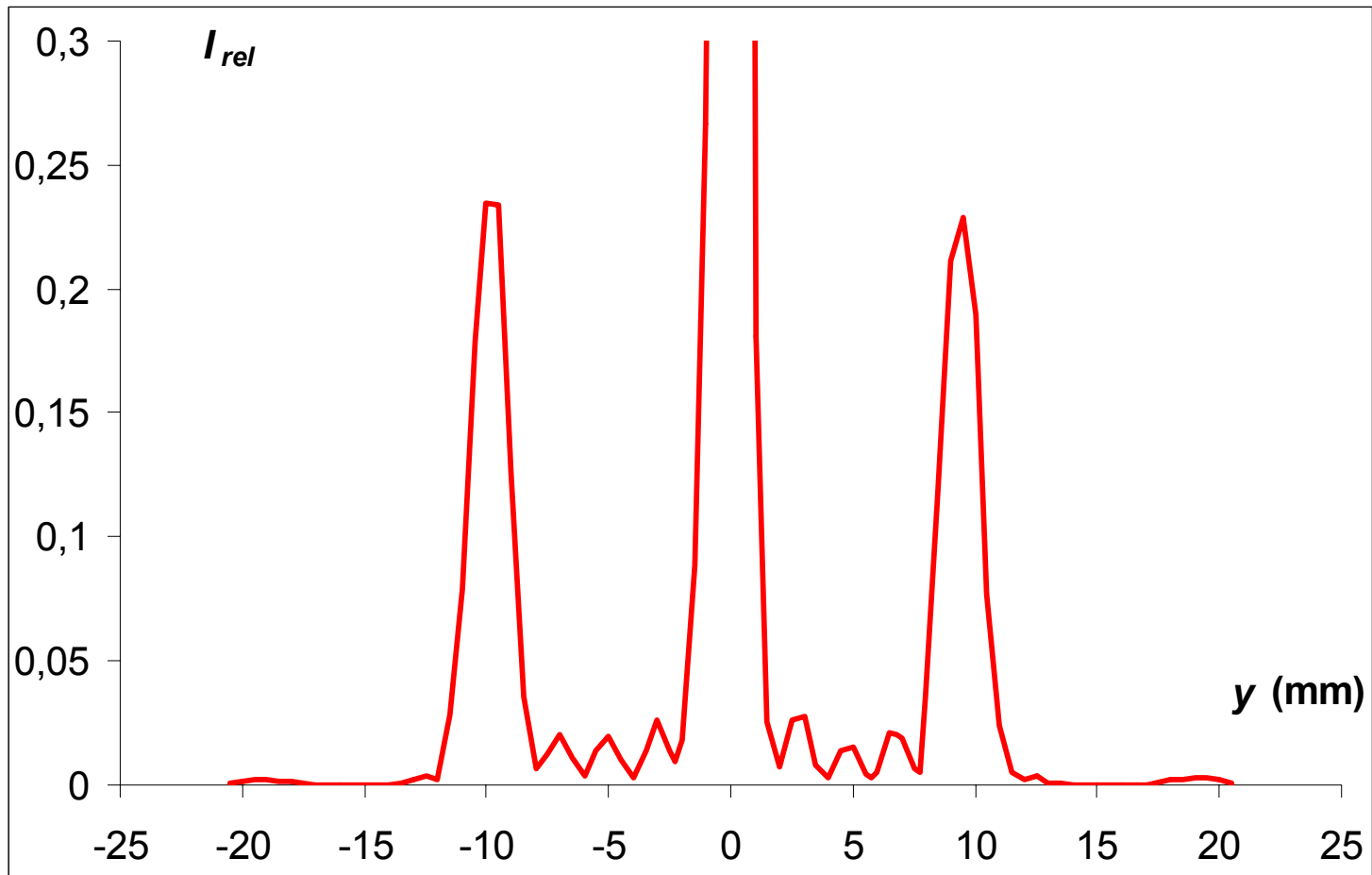
Tudományos eredmények

Mért értékek (detektorfeszültség a hely függvényében - A részrendszer)



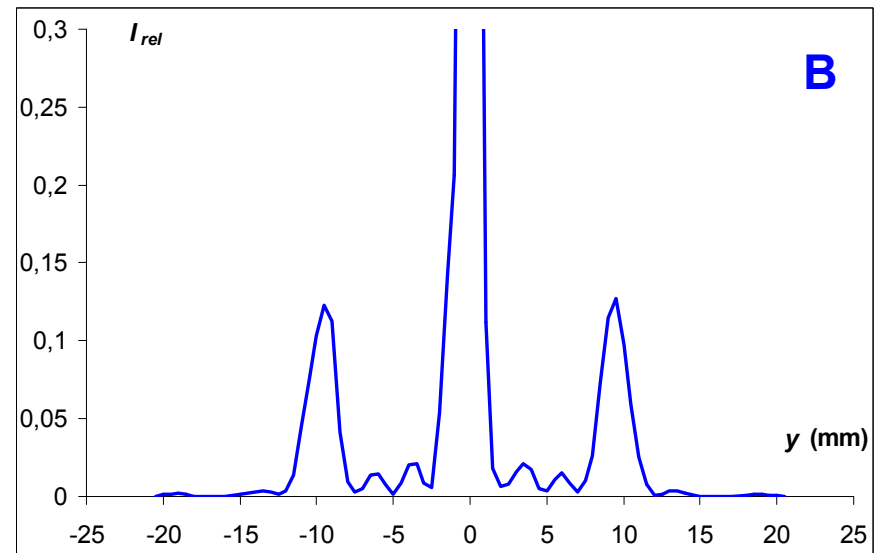
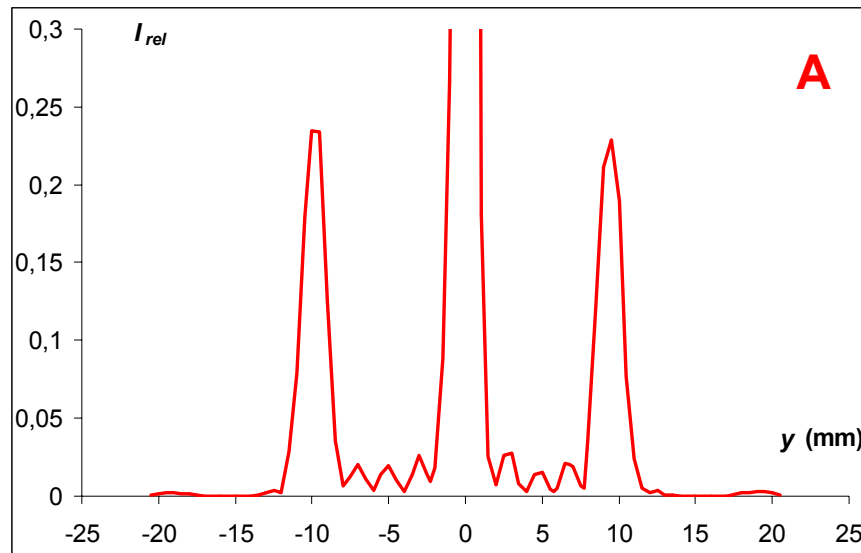
Tudományos eredmények

Nagyított, háttérrel korrigált diffrakciós görbe (relatív intenzitás a hely függvényében - A résrendszer)

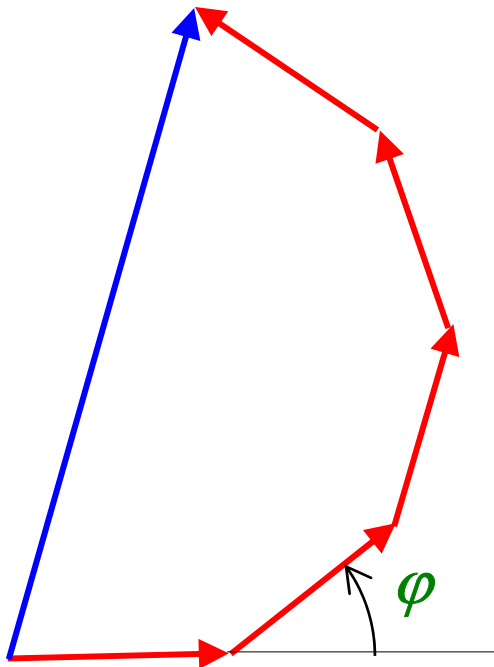


A rések d távolságának meghatározása
a nagy maximumok helyéből
az optikai rácshoz hasonlóan

$d = 67 \pm 3 \mu\text{m}$ (mindkét részrendszerben)



A rések n számának és w szélességének meghatározása a kis maximumok számából ill. relatív intenzitásából fázorok (fázist és amplitúdót reprezentáló vektorok) segítségével

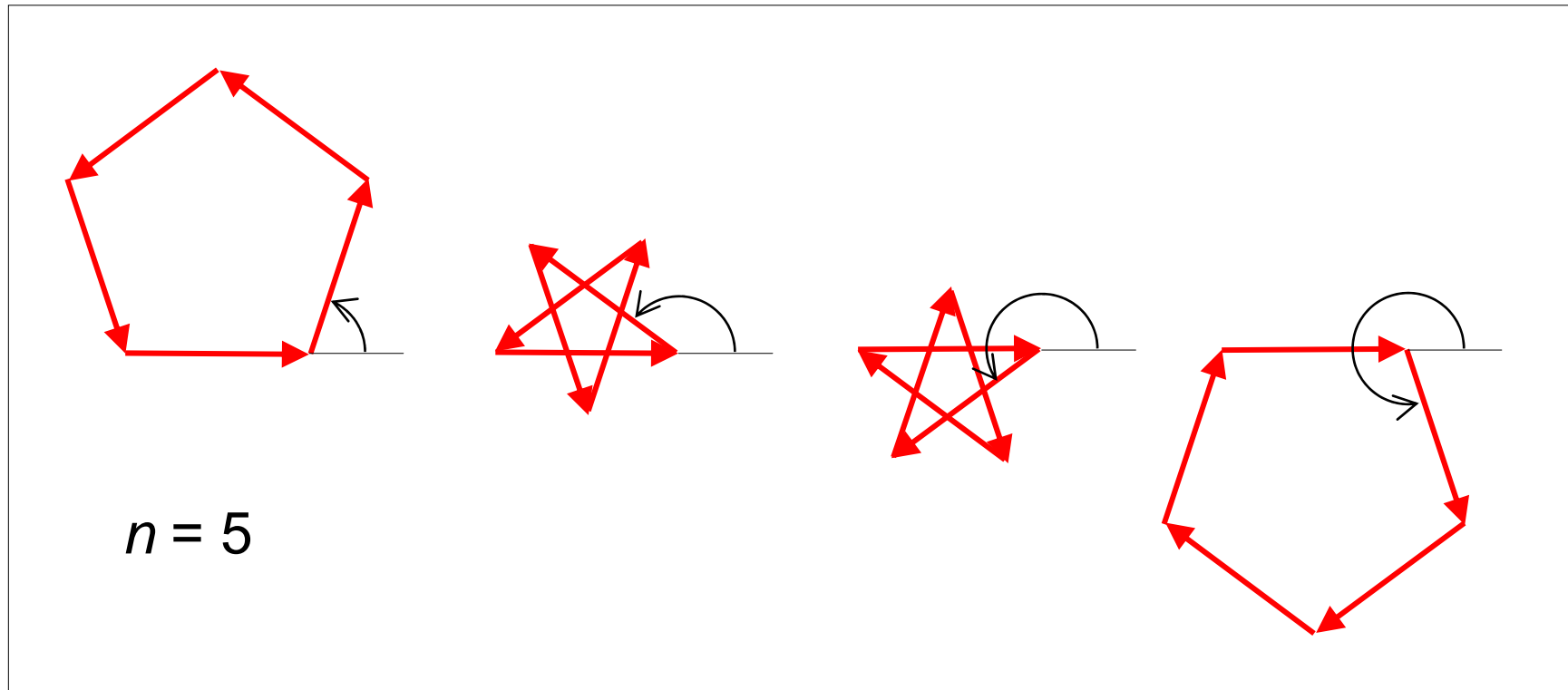


a **piros** vektorok az egyes rések fázisát és amplitúdóját reprezentálják

φ a szomszédos rések közti fáziskülönbség

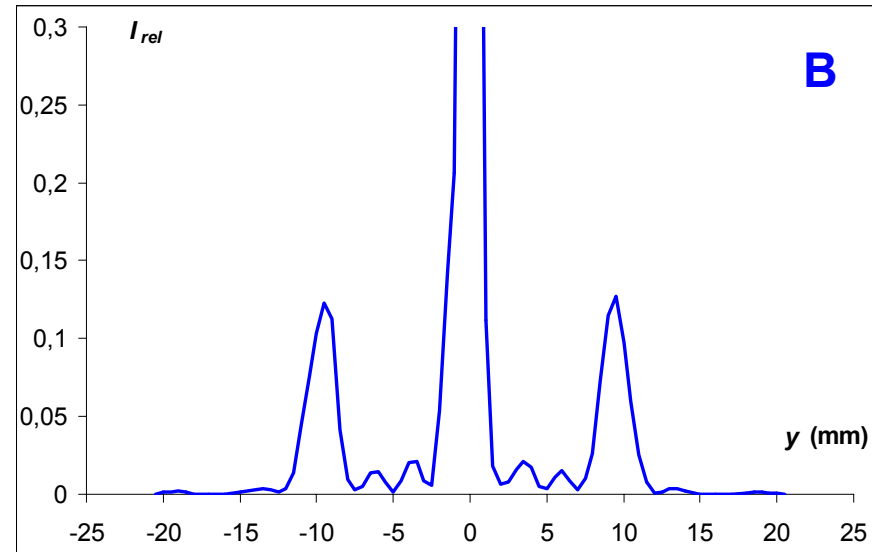
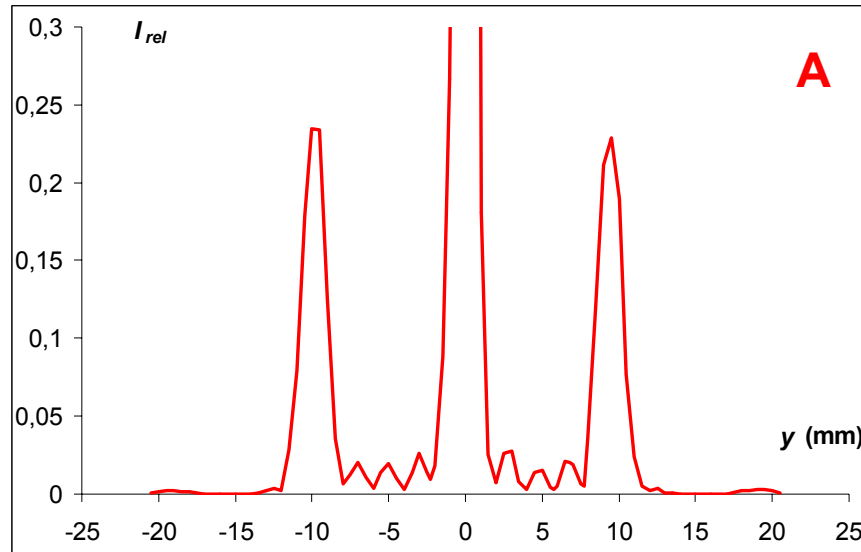
az intenzitás a **kék** eredő vektor négyzetével arányos

Az intenzitás akkor nulla, ha a fázorok eredője nullvektor!



n rés esetében $n-1$ zérushely, és így $n-2$ kis maximum van.

Tudományos eredmények



3 kis maximum: $n = 5$

2 kis maximum: $n = 4$

A rések w szélességének meghatározásához (a kis maximumok relatív intenzitása alapján) a fazorábra részletesebb vizsgálata szükséges.

Mérési versenyfeladatok **OKTV kísérleti forduló**

Az OKTV a legszélesebb körben ismert verseny
„példamutató” feladatokat kell kitűzni

- **a mérési feladat legyen érdekes, új, ismeretlen**
- **a mérés elvégzése és kiértékelése is jelentsen kihívást a versenyzőknek**
- **el lehessen dönteni, hogy ki a legjobb, de a gyengébbeknek is legyen sikerélménye**

Tudományos eredmények

Hátrahúzó autó

- az autót meghajtó rugó és fogaskerékrendszer vizsgálata
- az autó mozgásának vizsgálata fénykapukkal



Meg kell határozni

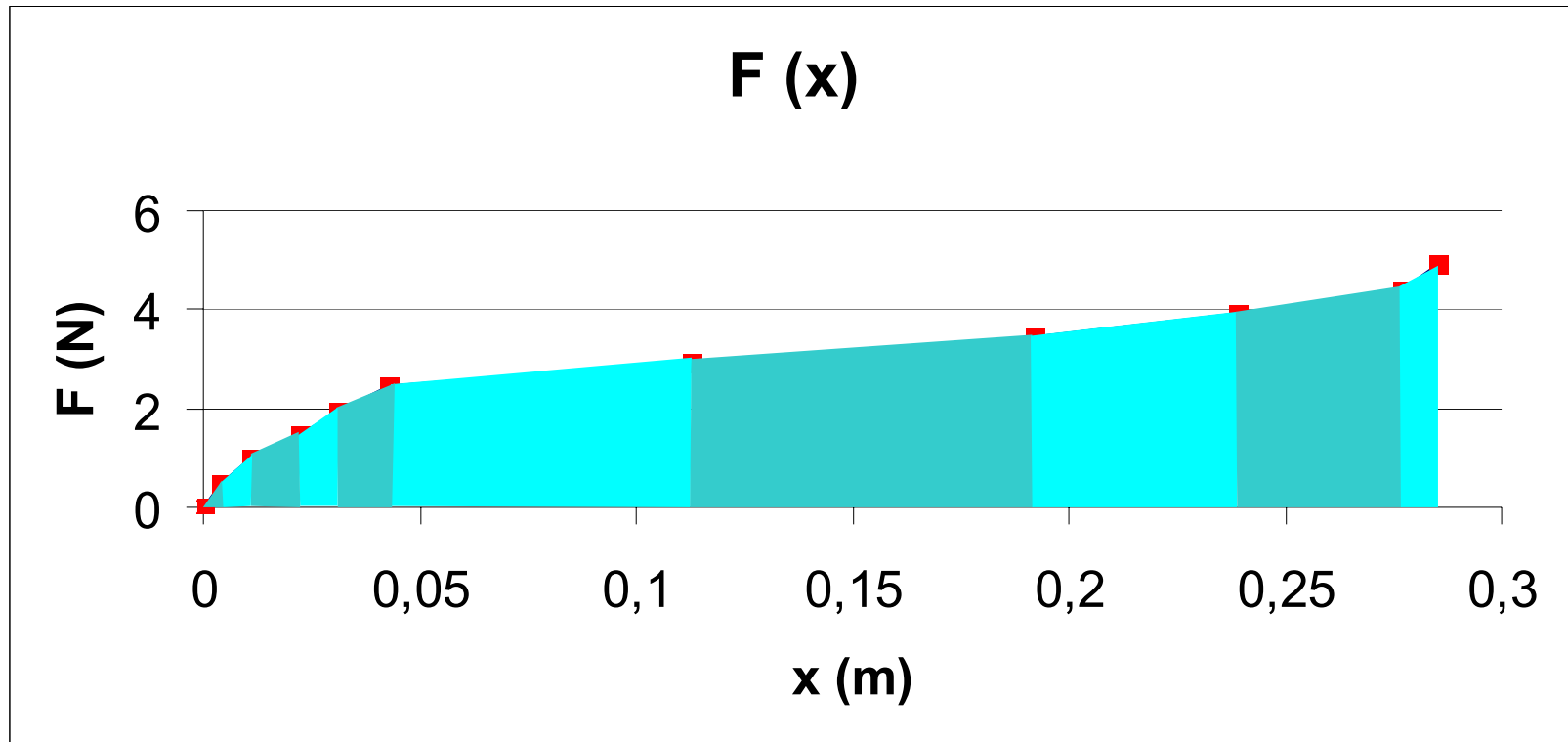
- a felhúzó és gyorsító áttétel arányát
- a rugó felhúzásához szükséges erőt és munkát
- a rugó munkavégzésének hatásfokát
- a sebességet és gyorsulást az idő függvényében

A feladat nehézségei

- **a mérések gondos elvégzése**
a mérés tárgya olcsó tömegáru, tökéletlen (kotyogó, súrlódó, befeszülő) alkatrészekkel
- **numerikus és grafikus kiértékelés szükséges**
az iskolában szokatlan nemlineáris görbék
- **gazdálkodás az idővel**
sok feladat (a mezőny széthúzása érdekében)

A hátrahúzásához szükséges erő a hátrahúzás függvényében

A munkavégzés meghatározása: numerikus integrálással



Mérési versenyfeladatok „utóélete” Középiskolai „workshop”

Workshop

- **egész délutános program diákoknak és tanároknak (önkéntes részvétel)**
- **tananyaghoz lazán kapcsolódó, izgalmas téma**
- **interdiszciplináris megközelítés**

Mérési versenyfeladat a workshopon

- **matematikai háttér, elméleti alapok ismertetése**
- **mérés közös elvégzése**
- **számítógépes modellezés**
- **eredmények kiértékelése és értelmezése**

Tudományos eredmények

A versenyen

nagyon szűk időkeret

egyedül kell dolgozni

**csak zsebszámológép,
milliméterpapír és
vonalzó használható**

**korlátozott ismeretek
(könyvek nem
használhatók)**

A workshopon

sokkal több idő van

közösen lehet dolgozni

**adatfeldolgozás és
szimuláció
számítógéppel**

**háttér információk
(bevezető előadás,
kérdetni lehet)**

Tudományos eredmények

Hullámoptikai mérés



matematikai háttér:

Fourier-sor és -integrál (alapok ismertetése)

mérés közös elvégzése

adatok feldolgozása és modellezés:

Excel táblázatkezelővel

kiértékelés:

**a mért és a szimulált diffrakciós görbék
összehasonlításával**

Tudományos eredmények



Tudományos eredmények

Mérési versenyfeladatok „utóélete” **Tehetséggondozó mérési szakkör**

Tehetséggondozó mérési szakkör

- **rendszeres mérési lehetőség évente 40 érdeklődő középiskolásnak**
- **mérési gyakorlatszerzés az olimpiai csapatba készülőknél**
- **ismerkedési lehetőség a BME fizikusképzéssel**

OKTV-mérések a tehetséggondozó szakkörön

- **a mérések többsége a korábbi évek OKTV kísérleti döntőjére készült, 10 példányban rendelkezésre állnak**

A versenyen

**egyszeri alkalom, csak
néhány versenyzőnek**

egyedül kell dolgozni

szűk időkeret

ismeretlen feladat

**kevés segítő információ
(csak a feladat szövege)**

A mérési szakkörön

évről-évre, sok tanulónak

**mérőpárban lehet
dolgozni**

több idő van

előre fel lehet készülni

**tanári útmutatás,
segítség, kérdezni lehet**

Tudományos eredmények

Hátrahúzó autó a szakkörön

a mérés tárgya: egy játékszer



van idő az alapos, többször megismételt mérésre

középiskolában szokatlan eredmények

- a rugó karakterisztikája nemlineáris
- nem egyenletes az autó gyorsulása

a kiértékeléshez meg lehet tanítani

- az egyenesillesztést
- a numerikus (grafikus) integrálást
- a numerikus differenciálást
- az interpolációt

Kimagasló eredmények a legutóbbi Nemzetközi Fizikai Diákolimpiákon

2004 (Dél-Korea):

Kómár Péter különdíjat kapott a legjobb mérésért

2005 (Spanyolország):

Halász Gábor abszolút első

75 ország közel 400 versenyzője közül

Fizika az erdei iskolában



**Kőfolyó – granulált
anyagok vizsgálata**



**Ingókő –
rezonanciakísérlet**

Tudományos eredmények

Természettudományos tárgyak integrált tanítása

fizika, csillagászat, geológia, biológia, kémia
+ „kísérleti matematika”, számítástechnika, GPS
+ kirándulás, sportolás, közösségi programok

Projektek

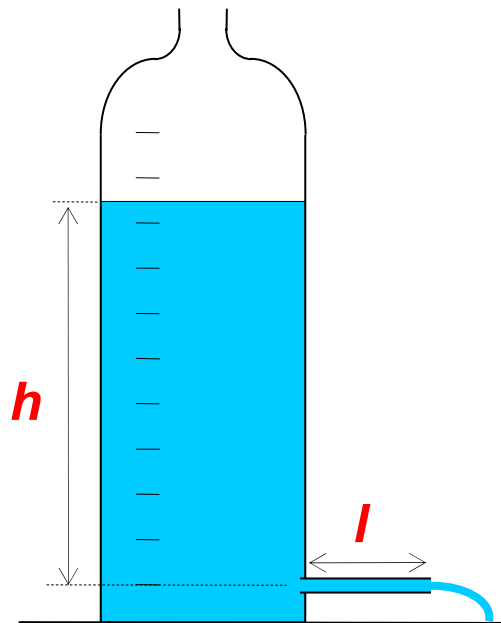
- **intenzív, kreatív csoportmunka**
- **elméleti alapok megbeszélése**
- **szabadtéri mérések + kiértékelés**
- **poszter készítése**

„Patak” projekt (folyadékok áramlása)

„Hegy” projekt (magasságmérés sokféle módszerrel)

„Patak” projekt

- Patak vízhozamának mérése többféle módszerrel
- Vékony csövön kifolyó víz mérése



Kifolyási sebesség függése a hidrosztatikai nyomástól

- hosszú csőnél (Hagen-Poiseuille-törvény)
- rövid csőnél (Bernoulli-törvény)

Mérés – és az eredményeket bemutató poszter



mérést végezte: 5 csapat

elmélet: Egy üregbe, melyben h magasan állt a víz egy e hosszú csövet dugtunk. Ezzel együtt kifogott a víz a folyócsőnek rajtalet mértünk. Ezzel az adatokból megírtuk a vízcsomót. t -et és h -t változtattuk.

$r = 1,3 \text{ mm}$
 $V = 100 \text{ cm}^3$

$I = \frac{V}{t}$

adatok:

$\frac{e}{\text{cm}}$	77	55	35	30	20	10	5	2	1
25	0:54	0:58	0:33	0:35	0:28	0:16	0:14	0:14	0:14
20	1:15	0:54	0:46	0:45	0:32	0:20	0:15	0:16	0:15
15	1:35	1:04	1:00	0:57	0:35	0:29	0:21	0:20	0:17
10	1:58	1:20	1:08	1:04	0:41	0:34	0:30	0:28	0:24
5	3:54	3:20	2:10	2:16	1:15	1:25	0:53	0:58	0:50

grafikonok:

$I = a \cdot h^n$
 $\lg I = \lg a + n \cdot \lg h$
 $\lg I = c$
 $\lg a = A$
 $\lg h = H$
 $c = A + n \cdot H$

$I = \frac{V}{t} = \frac{S \cdot g}{2} \cdot r^4 h \rightarrow \eta = \frac{V \cdot g \cdot r^4}{c \cdot I \cdot 0}$

I	h	η
187	25	0,00185
133	20	0,0014
105	15	0,00133
84	10	0,00165
-	-	0,0016

$c = 0,77$
 $r = 1,3 \text{ mm}$
 $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 $S = 100 \text{ cm}^3$
 $\eta_{\text{átl}} = 0,00185$

Tézisek rövid összefoglalása

1. **A BME fizikus hallgatói laboratóriumában új mérési gyakorlatokat állítottam össze izgalmas, korszerű, a középiskolai és az egyetemi alapozó oktatásban nem szereplő jelenségek kvantitatív vizsgálatára.**
 - 1.1. Hallgatói mérést készítettem az egyik legegyszerűbb kaotikus rendszer, a kaotikus kettős inga kvantitatív vizsgálatára.
 - 1.2. Hallgatói mérést készítettem a granulált anyagok statikájának és szegregációjának, valamint a rezgetett granulált anyagok mintázatképződésének vizsgálatára.
2. **Mérési versenyfeladatokat terveztem és készítettem a Nemzetközi Fizikai Diákolimpiára készülő magyar csapat válogatására és felkészítésére, valamint az OKTV fizika kísérleti döntőjére.**
 - 2.1. Hullámoptikai mérési feladatot készítettem egy olimpiai válogatóversenyre, melyben a mérés gondos elvégzése mellett különösen a mérési adatok értelmezése kíván olimpiai szintű felkészültséget.
 - 2.2. Egy OKTV kísérleti döntőre játékos mérési feladatot készítettem, melyben a mérési adatok kiértékeléséhez grafikus és numerikus módszerek használata is szükséges.

Összefoglalás

3. Módszereket dolgoztam ki a mérési versenyek feladatainak későbbi, a fizika iskolai népszerűsítésében és a tehetséggondozásban való felhasználására.

3.1. A budapesti Árpád Gimnáziumban érdeklődő diákok és tanárok számára egész délutános „workshop”-okat rendeztem, ahol közös mérések és számítógépes modellezés segítségével egy-egy érdekes probléma interdiszciplináris feldolgozására került sor.

3.2. A BME Fizikai Intézetében tehetséggondozó mérési szakkört vezetek, melyen a korábbi évek mérési versenyfeladatait tanári irányítással lehet elvégezni. A szakkör a fizika népszerűsítése mellett megalapozza az olimpiai csapat kísérleti felkészítését is, melynek sikerét az elmúlt évek kiemelkedő eredményei igazolják.

4. Projekteket dolgoztam ki a fizika tanítására az erdei iskolában.

A budapesti Árpád Gimnáziumban 1998 óta szervezek erdei iskolákat, melyek programjában meghatározó a fizika szerepe.

Válogatott publikációk

(az értekezés témájához tartozó 48 publikáció közül)

- P. Vankó: Investigation of Chaotic Double Pendulum in the Basic Level Physics Teaching Laboratory *European Journal of Physics* **28**, pp61-9 (2007)
- Vankó P.: Izgalmas mérések a mérnök-fizikus hallgatói laboratóriumban *Fizikai Szemle* **56**, pp307-13 (2006)
- Vankó P.: Fizika az erdei iskolában *Fizikai Szemle* **56**, pp165-8 (2006)
- P. Vankó: Investigation of a Pull Back Toy Car: a Problem of a Competition used in a Popularizing Experimental Course *Physics Competitions* **7** no2 pp10-8 (2005)
- P. Vankó: Problems of the 2nd and 9th International Physics Olympiads (Budapest, Hungary, 1968 and 1976) *Physics Competitions* **6** no2 pp8-19 (2004)
- P. Vankó: An Experimental Problem of a Competition Discussed in a Secondary School Workshop *Physics Competitions* **6** no1 pp45-57 (2004)
- Vankó P.: Próbaérettségi: elégtelen *Fizikai Szemle* **54**, pp240-4 (2004)
- P. Vankó, L. Gránásy: Investigation of Deterministic Chaos by V-scope Motion Tracking System in: *Proceedings of the 2nd European Conference on "Physics Teaching in Engineering Education"* (PTEE 2000), 14-17 June 2000, Budapest

Köszönöm

témavezetőmnek, **Prof. Beke Dezső**nek a doktori tanulmányok során nyújtott segítségét és a dolgozat témaválasztásában adott tanácsait,

Dr. Rajkovits Zsuzsanna és **Dr. Demény András** bírálóknak az értekezés részletes elemzését, értékes tanácsaikat és kiegészítéseiket,

feleségemnek, **Buncsák Piroskának** a dolgozat alapos nyelvi ellenőrzését és javítását,

valamint a **Védési Bizottság** és a **Hallgatóság** megtisztelő figyelmét.

Az előadás anyaga, az értekezés és a tézisfüzet letölthető a <http://mono.eik.bme.hu/~vanko/phd/phd.htm> internetcímről.