

Mérési versenyfeladatok és „utóéletük”

Vankó Péter
BME Fizikai Intézet

**Jó mérési versenyfeladatok készítése
nem könnyű és nem olcsó.**

**Mire lehet használni utána a feladatot,
az elkészített eszközöket?**

- **középiskolai workshop**
- **tehetséggondozó mérési szakkör**

1. példa:

Olimpiai válogatóversenyre készült nagyon nehéz hullámoptikai feladat (1998)

A feladat „körbejárása”, megoldása egy középiskolai workshopon

2. példa:

OKTV döntőre készült, játékosabb (de azért nem könnyű) mérési feladat (2000)

**A versenyfeladat a tehetséggyondozó mérési szakkörön:
a megoldáshoz szükséges „trükkök”
megbeszélésével**

1. példa:

**Olimpiai válogatóversenyre készült nagyon nehéz
hullámoptikai feladat (1998)**

**A feladat „körbejárása”, megoldása egy középiskolai
workshopon**

Mérési versenyfeladatok az olimpiai válogató- és felkészítő versenyeken

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

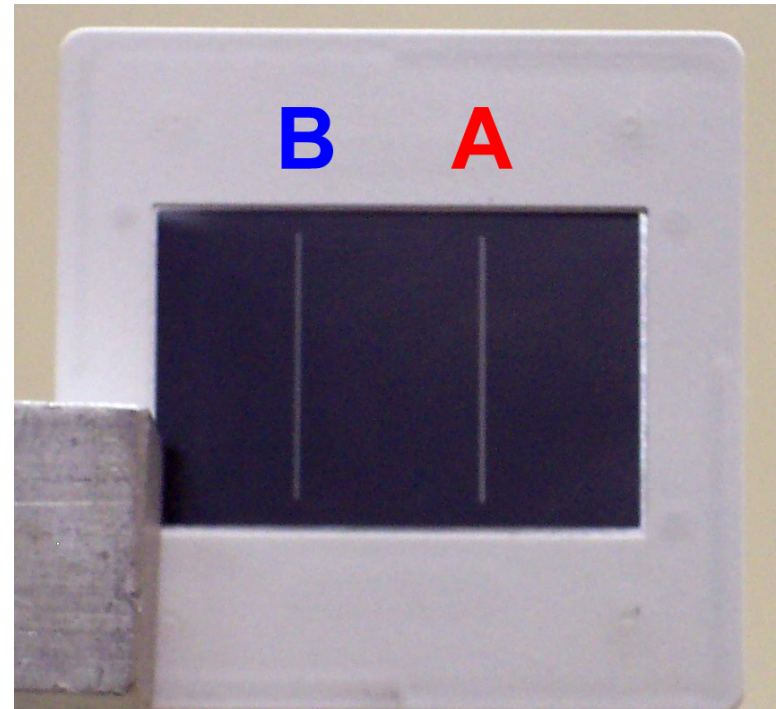
Hullámoptikai feladat (Olimpiai válogatóverseny 1998)

Két optikai rendszert kell vizsgálni félvezető lézer segítségével.

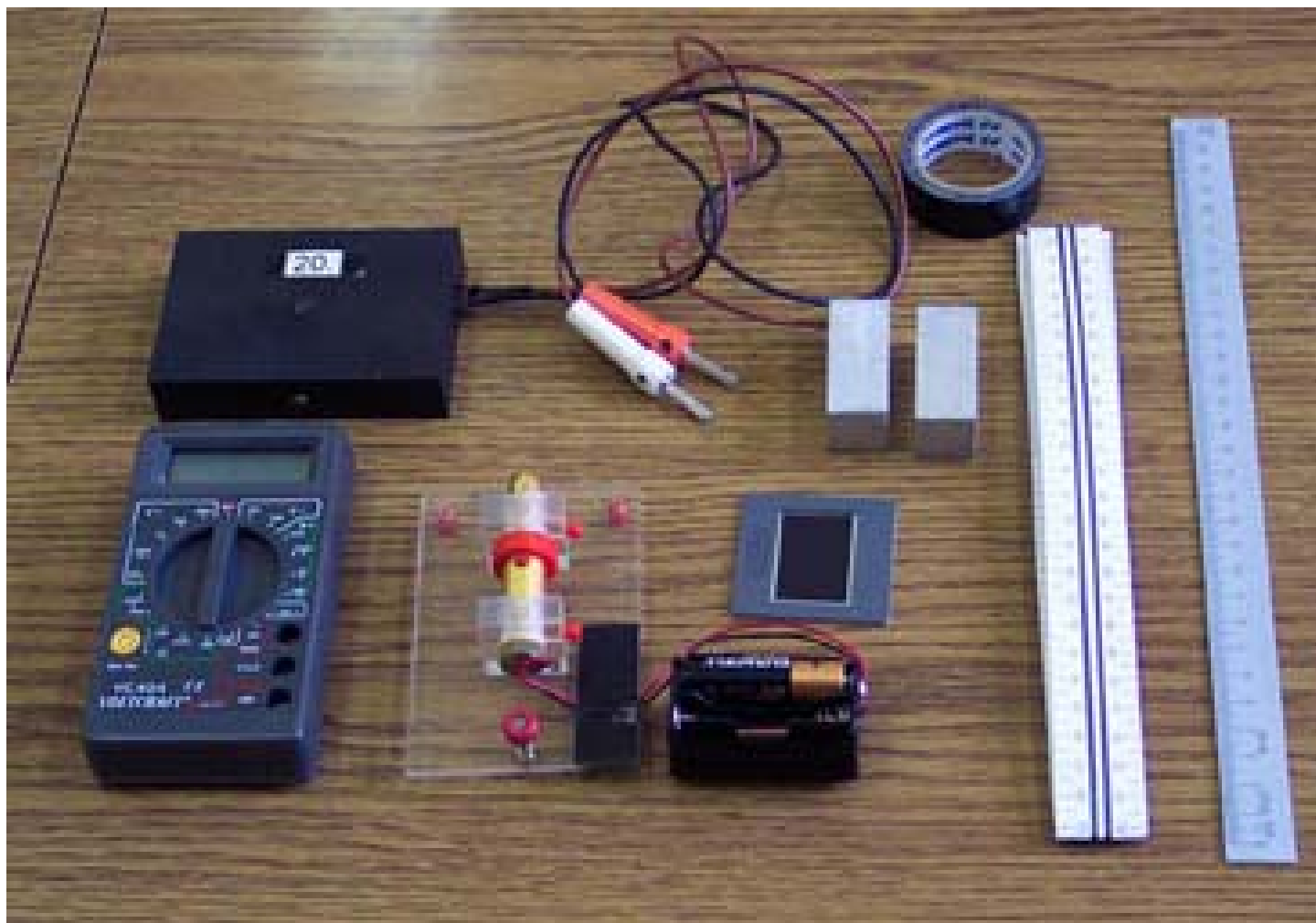
Mindkét rendszer (A és B) néhány egyforma, párhuzamos résből áll.

A diffrakciós kép alapján mindkét rendszerben meg kell határozni

a rések d távolságát, n számát és w szélességét.



Eszközök (házilag gyártott detektorral)



Mérési összeállítás



A feladat nehézségei

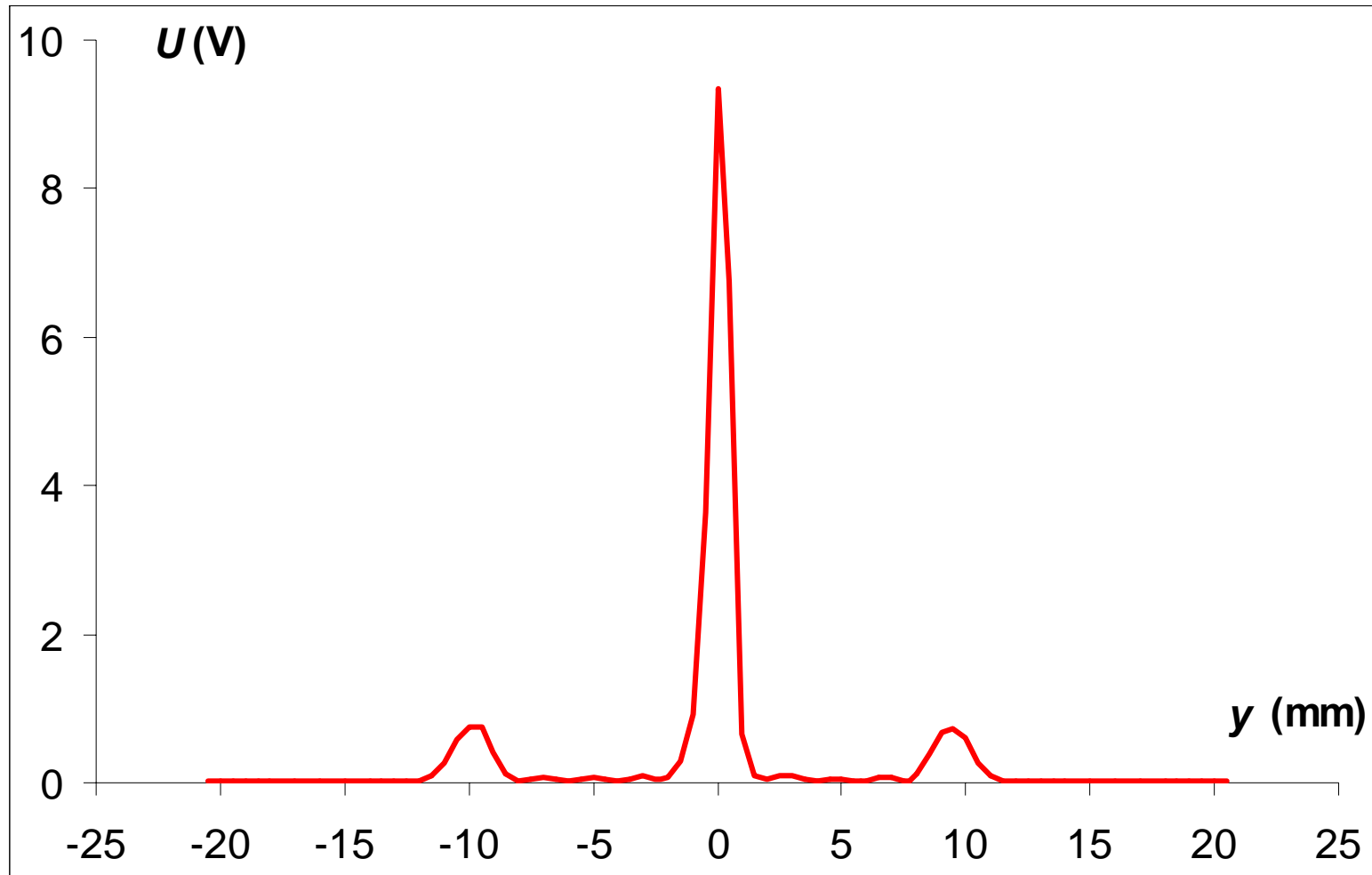
A mérés elvégzése:

- **a mérési elrendezés nagyon gondos beállítása**
- **a detektor helyzetének fél mm pontos leolvasása**
- **méréshatár változtatása a mérés közben**
- **a háttér mérése, és az ezzel való korrekció**

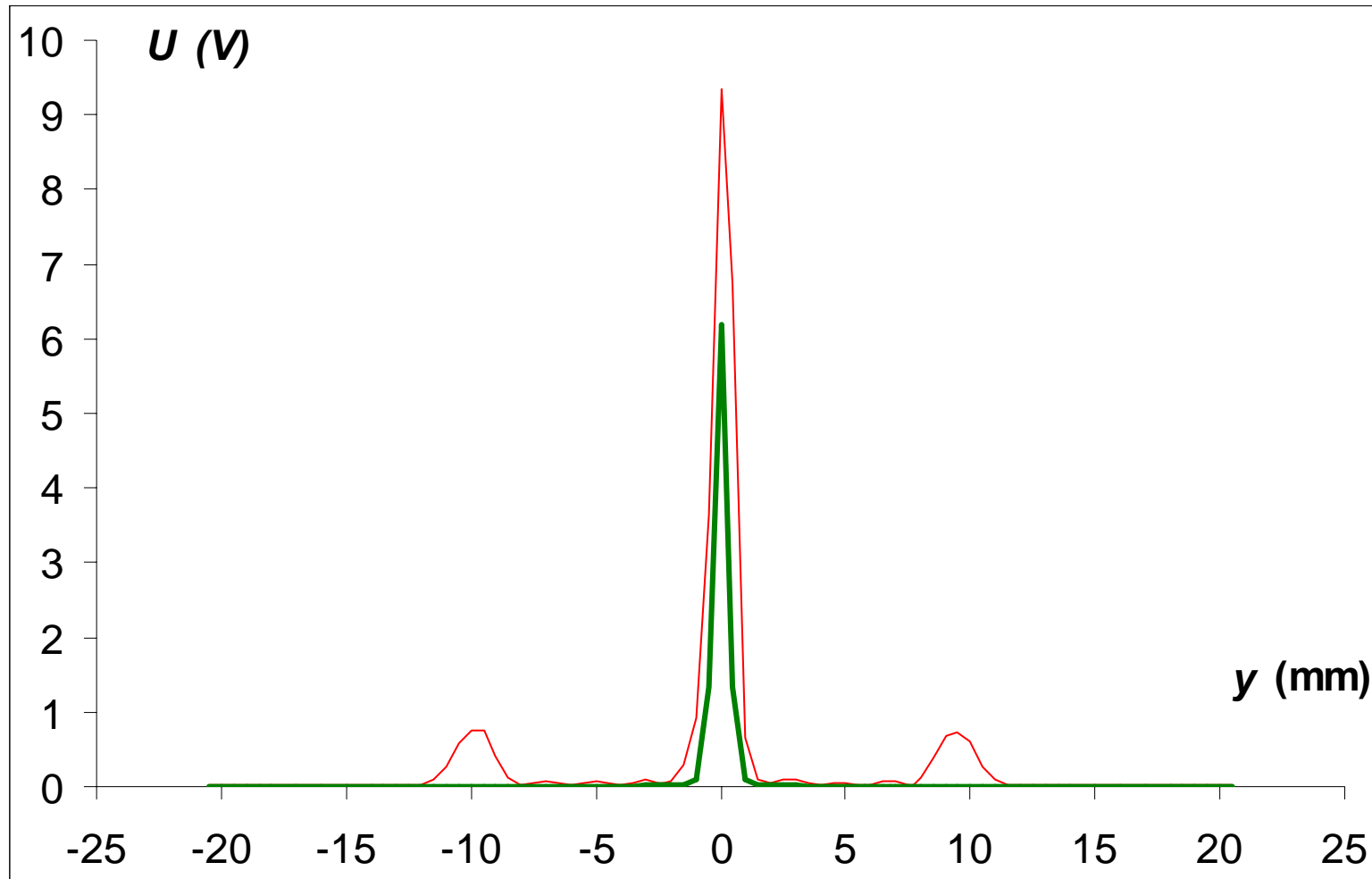
Kiértékelés:

- **a rések számának és szélességének meghatározásához komoly elméleti háttér szükséges**

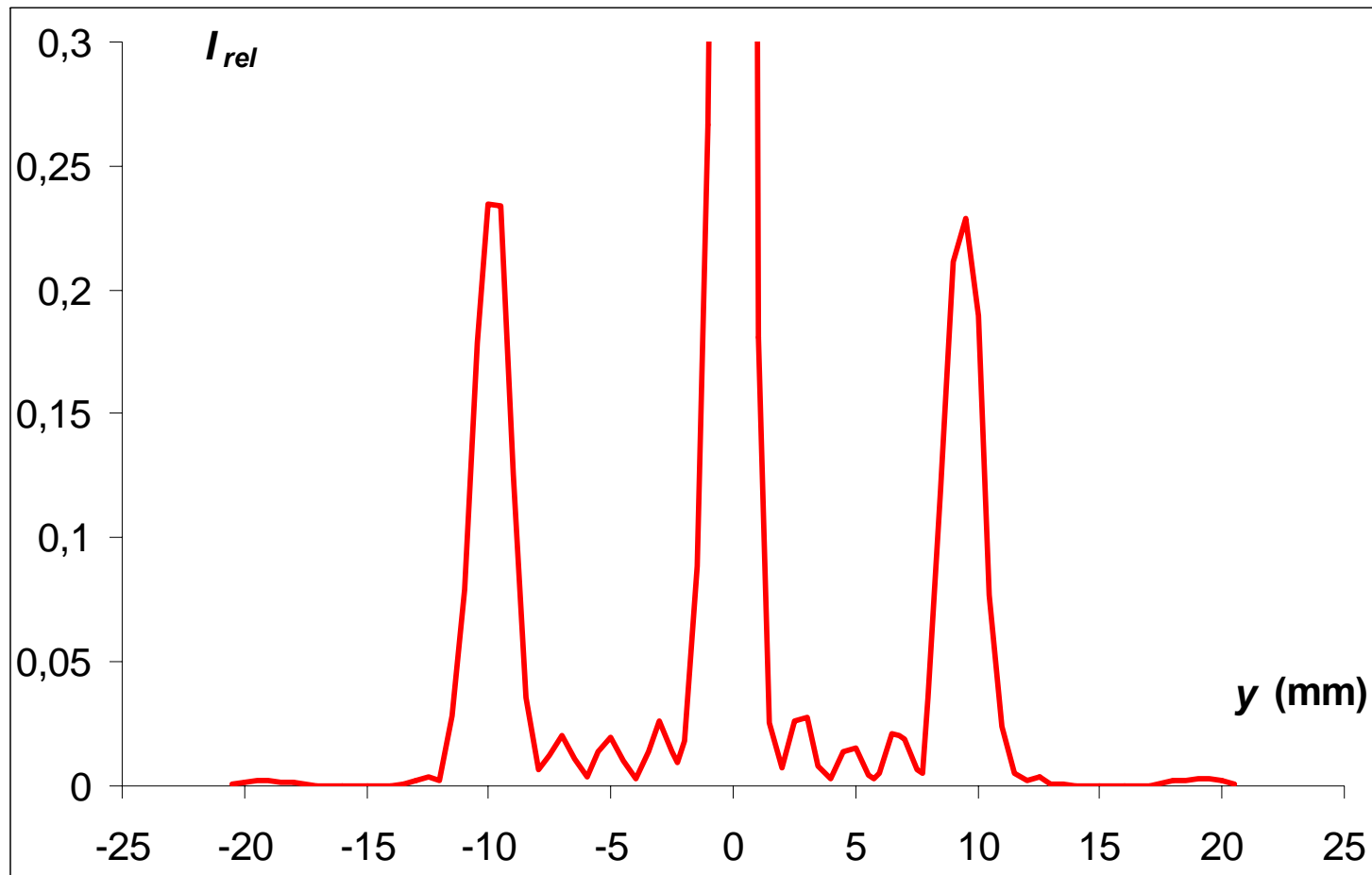
Mért értékek (detektorfeszültség a hely függvényében - **A** részrendszer)



A „fekete” háttéren áthaladó fény (zölddel ábrázolva) összemérhető a réseken áthaladó fénnel

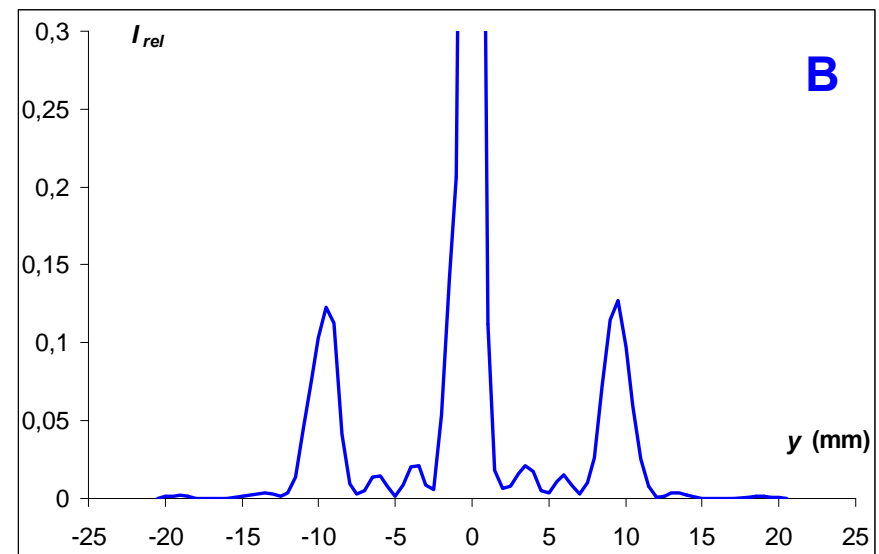
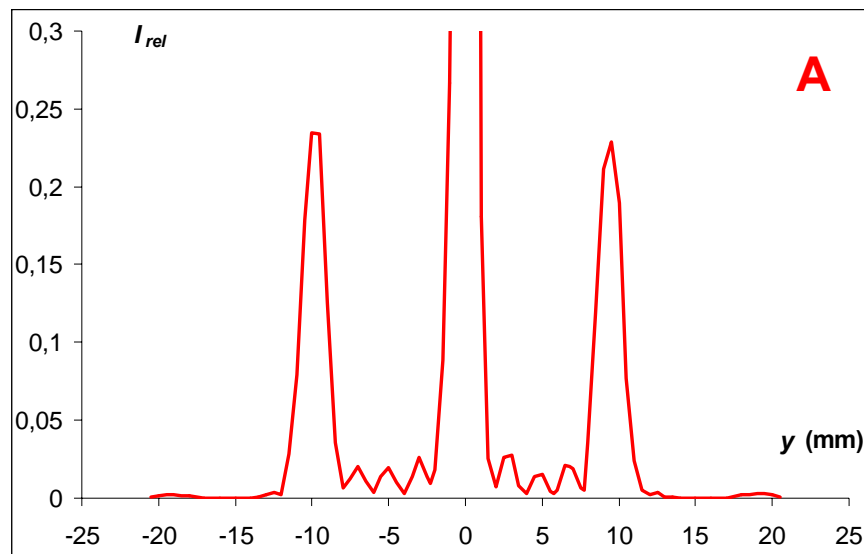


Nagyított, háttérrel korrigált diffrakciós görbe
(relatív intenzitás a hely függvényében - **A** résrendszer)

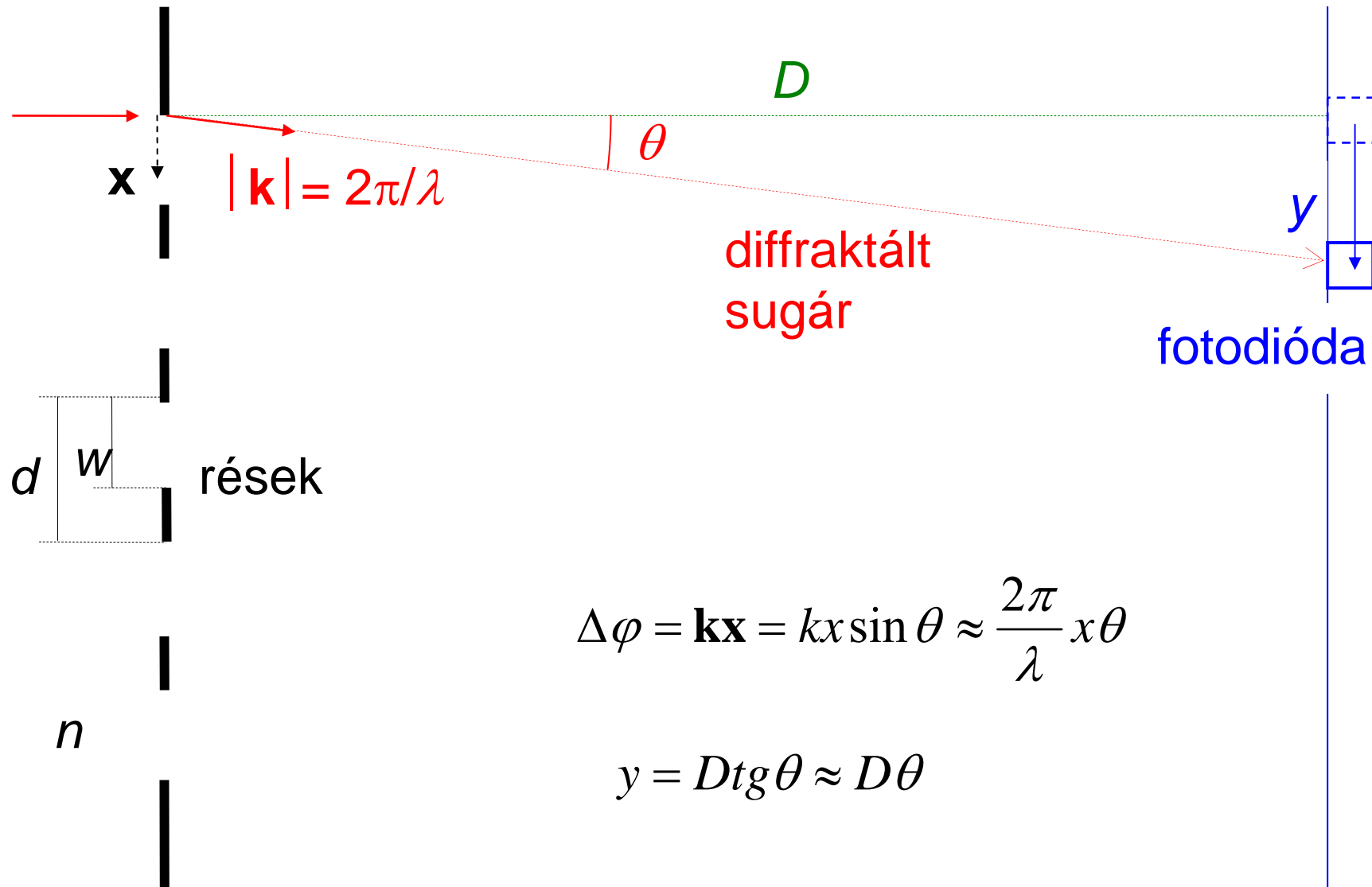


A korrigált mérési eredményekből kell meghatározni mindkét résrendszerre

- a rések **d** távolságát
- a rések **n** számát
- a rések **w** szélességét



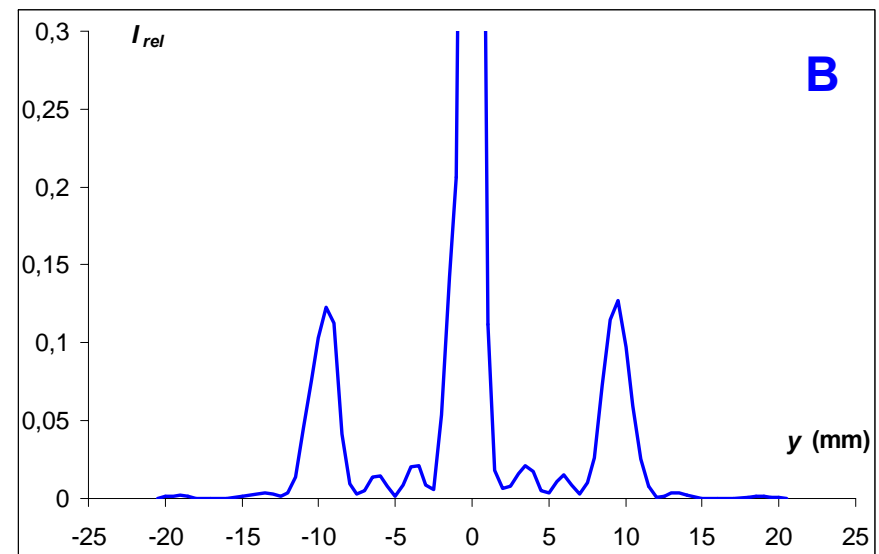
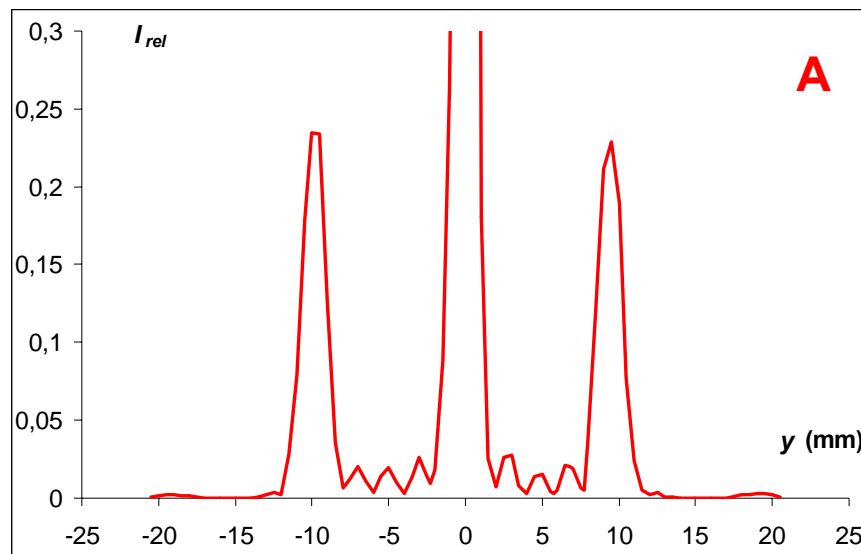
Diffrakció a résrendszeren



**A rések d távolságának meghatározása
az első nagy maximumok helyéből
az iskolából ismert kétréses rendszerhez és az optikai
rácshoz hasonlóan**

$$y = 9,75 \pm 0,25 \text{ mm} \quad D = 1 \pm 0,005 \text{ m} \quad \lambda = 650 \pm 7 \text{ nm}$$

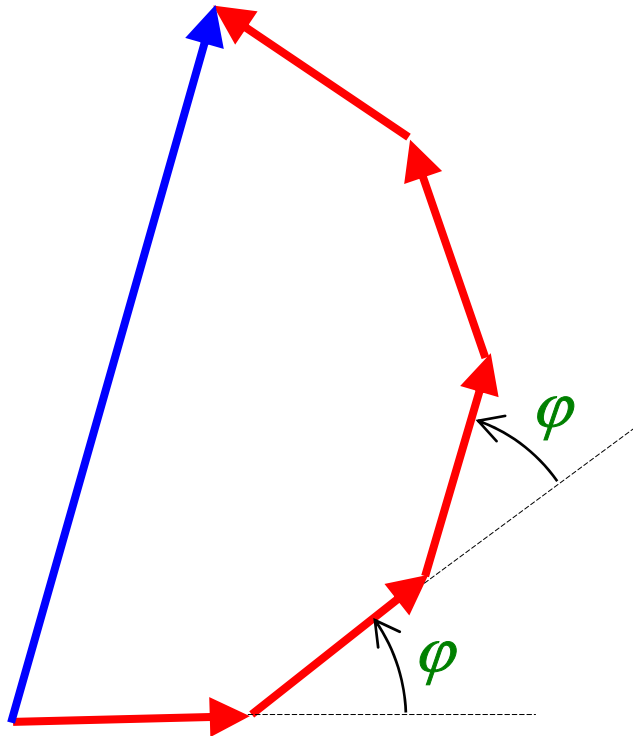
$$d = 67 \pm 3 \text{ } \mu\text{m} \text{ (mindkét résrendszerben)}$$



A rések n számának (és w szélességének) meghatározása a kis maximumok számából (illetve relatív intenzitásából) lehetséges **fazorok segítségével.**

A **fazorok egy mennyiség fázisát és amplitúdóját reprezentáló (forgó) vektorok.**

A középiskolában a váltakozó áramú hálózatok fázisviszonyait szokás velük szemléltetni.



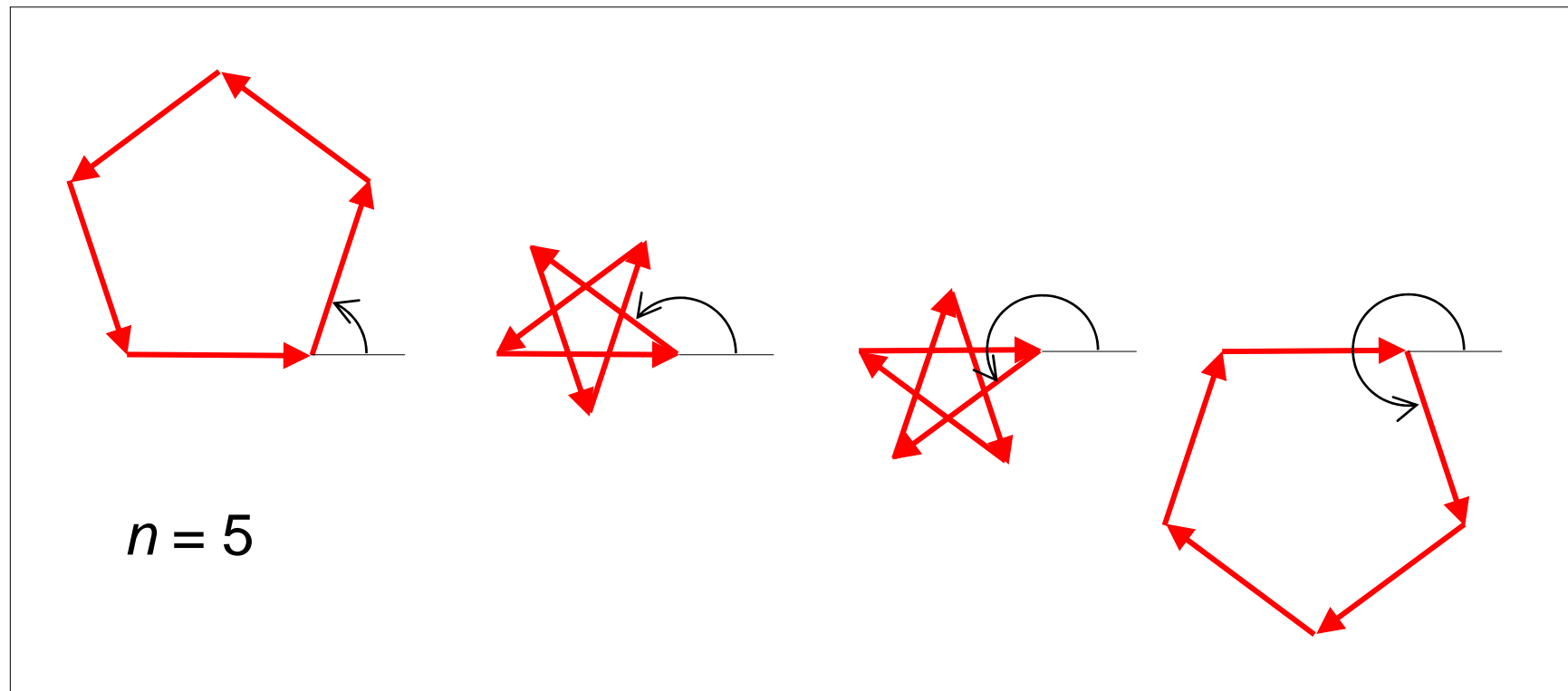
a **piros** vektorok az egyes rések fázisát és amplitúdóját reprezentálják

φ a szomszédos rések közti fáziskülönbség

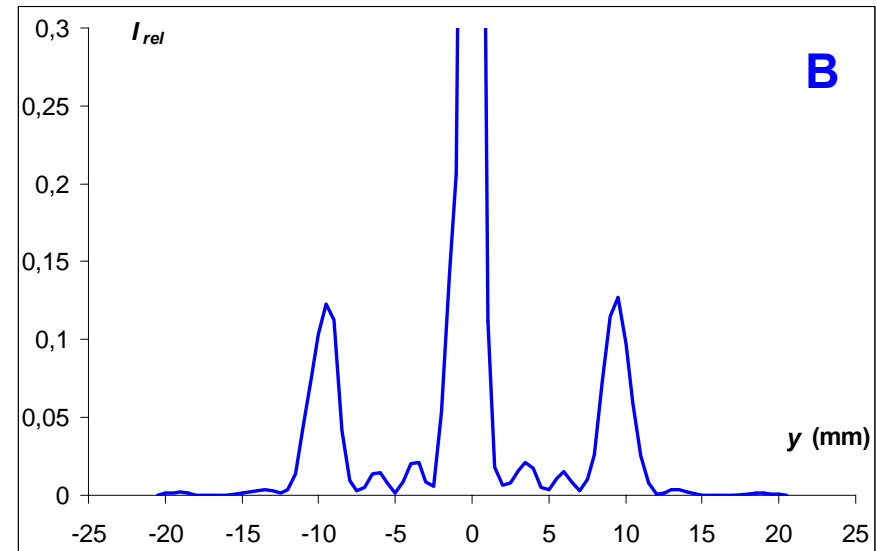
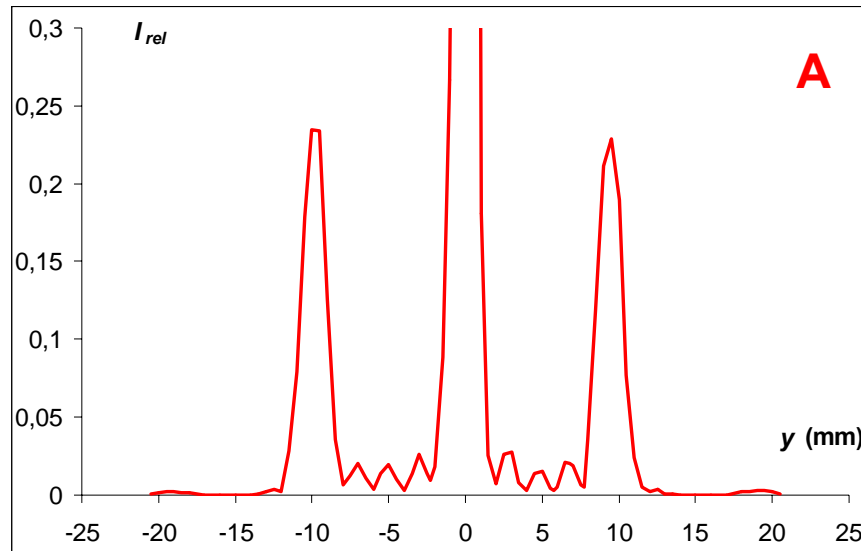
$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d\theta$$

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.



3 kis maximum: $n = 5$

2 kis maximum: $n = 4$

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

A mérési versenyfeladat „utóélete” a középiskolai workshopon

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**

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,
kérdezni lehet)**

Hullámoptikai mérés

matematikai háttér:

Fourier-sor és -integrál (alapok ismertetése)

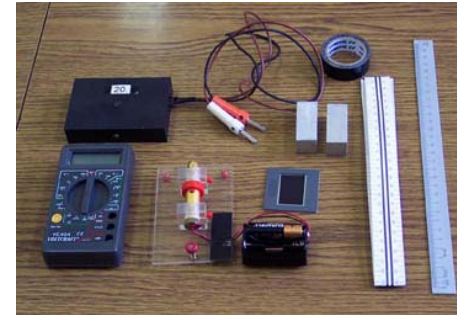
mérés közös elvégzése

adatok feldolgozása és modellezés:

Excel táblázatkezelővel

kiértékelés:

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



Matematikai háttér

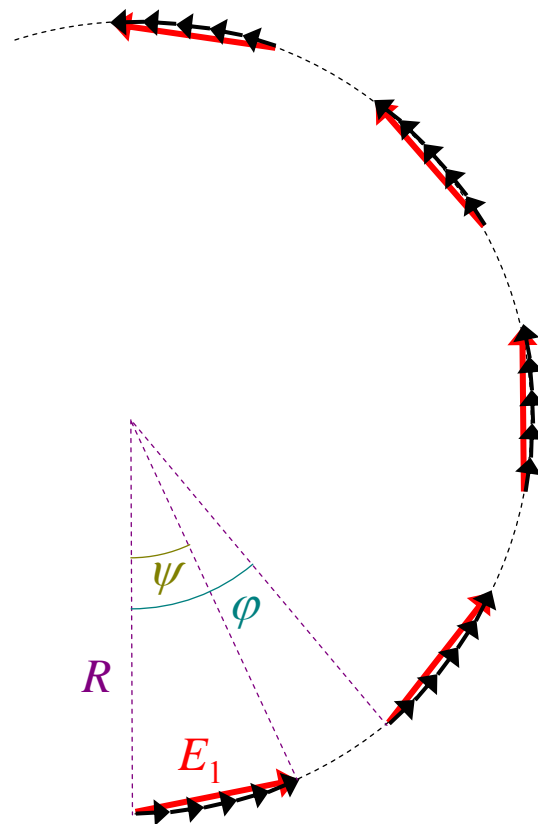
Fourier-sorok és **Fourier-integrál**
(bevezetés matematikai egzaktság nélkül)

A **fény diffrakciója** egy résrendszeren mint a matematikai modell egyik fizikai realizációja

$$I(\mathbf{k}) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}) f(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \right|^2$$

A résrendszer fazorábrája

$$n = 5 \quad w/d = 5/8 \quad \theta > 0$$



$$\frac{1}{R} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \theta$$

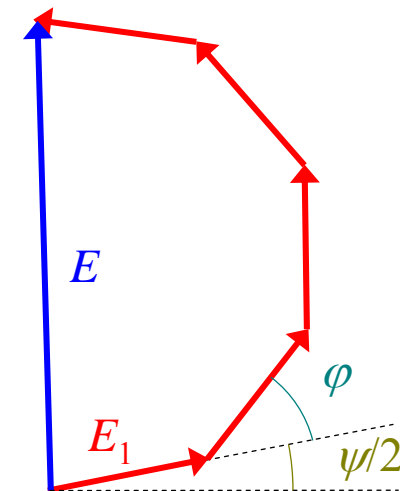
$$\varphi = \frac{d}{R} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \theta \cdot d$$

$$\psi = \frac{w}{R} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \theta \cdot w$$

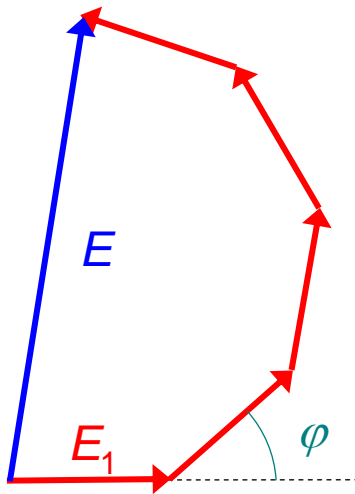
$$E_1 = 2R \sin\left(\frac{\psi}{2}\right) = \frac{\lambda}{\pi\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{\lambda} w\right)$$

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i$$

$$I = |\vec{E}|^2$$



$I_{rel}(y)$ számítása



$$E_1 = 2R \sin\left(\frac{\psi}{2}\right) = \frac{\lambda}{\pi\theta} \sin\left(\frac{\pi\theta}{\lambda} w\right)$$

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \theta d$$

$$I = |\vec{E}|^2 = E_1^2 \left[(1 + \cos \varphi + \cos 2\varphi + \dots + \cos(n-1)\varphi)^2 + (\sin \varphi + \sin 2\varphi + \dots + \sin(n-1)\varphi)^2 \right]$$

$$I_{rel} = \frac{I}{I_0} = \frac{I}{n^2 w^2}$$

Excel táblázat!

$$y = D \tan \theta \approx D\theta$$



Workshop:

- A **játék** a berendezéssel és a szimulációval segíti a **diffrakció jobb megértését.**
- Az eszközök, a mért adatok, a szimuláció használható a tanórákon is.
- A **legfontosabb:** a workshop kötetlen légköre, interdiszciplináris megközelítése felkeltheti néhány résztvevő **érdeklődését a fizika iránt.**

2. példa:

**OKTV döntőre készült, játékosabb (de azért nem könnyű)
mérési feladat (2000)**

**A versenyfeladat a tehetséggondozó mérési szakkörön:
a megoldáshoz szükséges „trükkök”
megbeszélésével**

Mérési versenyfeladatok az OKTV kísérleti fordulóján

**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**

Hátrahúzó autó

(OKTV döntő 2000 - III. kategória)

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

A mérési versenyfeladat „utóélete” a tehetséggondozó mérési szakkörön

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**

Hátrahúzó autó a szakkörön

a mérés tárgya: egy játékszer



van idő az alapos, többször megismételt mérésre

középiskolában szokatlan eredmények

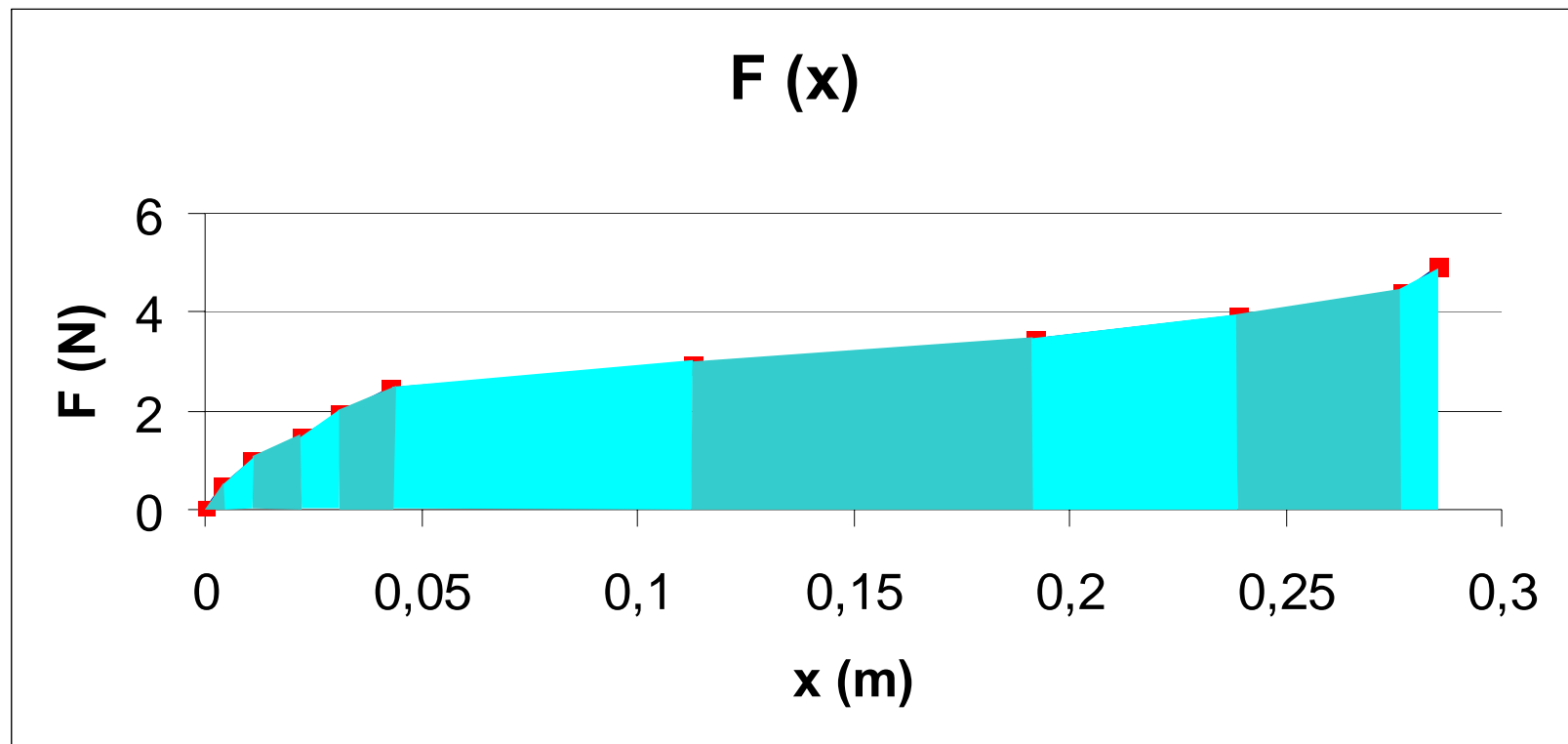
- a rugó karakterisztikája nemlineáris
- nem egyenletes az autó gyorsulása

a kiértékeléshez meg lehet tanítani

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

A hátrahúzásához szükséges erő a hátrahúzás függvényében

A munkavégzés meghatározása: **numerikus integrálással**



**A tehetséggondozó mérési szakkörnek is
köszönhetően:**

**kimagasló (mérési) 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

Köszönöm a meghívást és a figyelmet!

Letöltések (vetítés, cikkek) a

<http://mono.eik.bme.hu/~vanko/anket/bekescsaba.htm>

internetcímről