sok ellen, és csak egy 5 mm átmérőjű köralakú részen át engedi kijutni a röntgensugárnyalábot. Ha az ólomüvegházat eltávolítjuk, akkor két mikrókapcsoló is működésbe lép, és megakadályozza azt, hogy a nagyfeszültséget a csőre kapcsolhassuk. A műanyag sugárvédő fedélre, a röntgencsővel szemközti részre, a primér sugárnyaláb becsapódási helyére kettős, alumínium és ólom védőlemezt tettek, amelyre ráfestették a sugárveszélyt jelző nemzetközi tárcsajelet is. Beépített mikrokapcsolók biztosítják, hogy a sugárvédő fedél felnyitott helyzetében a készülék nem üzemeltethető. A nagyfeszültséget végül csak akkor lehet a csőre rákapcsolni, ha előzőleg az időkapcsolót is beállítottuk: a működtetési, exponálási idő 1 perc és 1 óra közt tetszés szerint változtatható. A röntgencső működését piros jelzőlámpa és egy – szükség esetén felerősíthető – gyenge magas hang is jelzi.

Kísérleti technikák

Az ólomüvegház ablakán kilépő 5 mm átmérőjű, kör alakú sugárnyaláb a *kristálytartónál* 15 mm-es, a *lemeztartó* végső, 30-as jelű *kísérleti állásánál* pedig 38 mm-es hasznos nyalábátmérőt eredményez. Itt, a hasznos sugárnyalábban $3{,}3.10^{-4}$ j/kgs (2 rad/perc) az elnyelt sugárdózis-teljesítmény.

Az elsődleges sugárnyaláb egyenesében leszerelhető, forgatható *kristálytartó* található. Itt rögzíthetők a tartozékként megvásárolható egykristályok, fémszálak, portartó fiolák. A kristálytartó hajtómotorral és kézi vezérléssel is forgatható. A kézi forgatást a leszerelhető *lemeztartó* segítségével végezhetjük. A lemeztartót függőleges és vízszintes helyzetben is felszerelhetjük. A diatárhoz hasonlító lemeztartó egyes kísérleti (munka-) állásaiban diakeretbe foglalt diafragmákat, röntgenfilmet, különféle fém akadályokat, $12{,}5.10^{-6}$ m vastag réz, cink, nikkel, kobalt, mangán szűrőket és fluoreszkáló ernyőt tehetünk. Vásárolt, vagy házilag készített megfelelő csőtartó segítségével ebbe a lemeztartóba rögzíthetjük a röntgensugárzást detektáló ionizációs kamrát, vagy GM-csövet.

A kristálytartó és a vele összekapcsolt forgatható lemeztartó kar elfordításának aránya 1:2; így a kar elfordításának szöge 2J érték. Az elfordítási szöget durván a készülék alaplapjának szélén, finombeosztásban pedig a kézi beállító gombon levő segédskálán olvashatjuk le.

Alkalmazási lehetőségek

A TEL-X-OMETER-hez tartozó laboratóriumi segédkönyv negyven kísérlet igen részletes leírását tartalmazza. A kísérletleírások történeti vonatkozásokat és a tanároknak szóló didaktikai megjegyzéseket is tartalmaznak.

Az elvégezhető kísérletek sorát C.W.Röntgen megfigyeléseivel kezdhetjük. Ezt követheti a detektálási módoknak, majd a röntgensugárzás tulajdonságainak bemutatása. Az elektromágneses sugárzás részleteire és a kvantumelmélet egyes állításainak igazolására szolgáló kísérletek elvégzése után még négyféle kísérlet-sorozat közül válogathatunk: fizikai, kristálytani, radiográfiai és sugárvédelmi mérések.

Ábráink a készülék fényképét, valamint a kristálytartó és a lemeztartó 1:2 arányú elfordulását és a Bragg-egyenlet levezetését mutatják.

Eszközleírásunkhoz a TELTRON Ltd szíves engedélyével felhasználtuk a "Student Enquire Series D: The Production, Propeties and Uses of X-rays" című laboratóriumi segédkönyvet. Az engedélyezésért ezúton mondunk köszönetet.

KOVÁCS LÁSZLÓ

A radioaktív bomlás egyes jellemzőinek szemléltetése

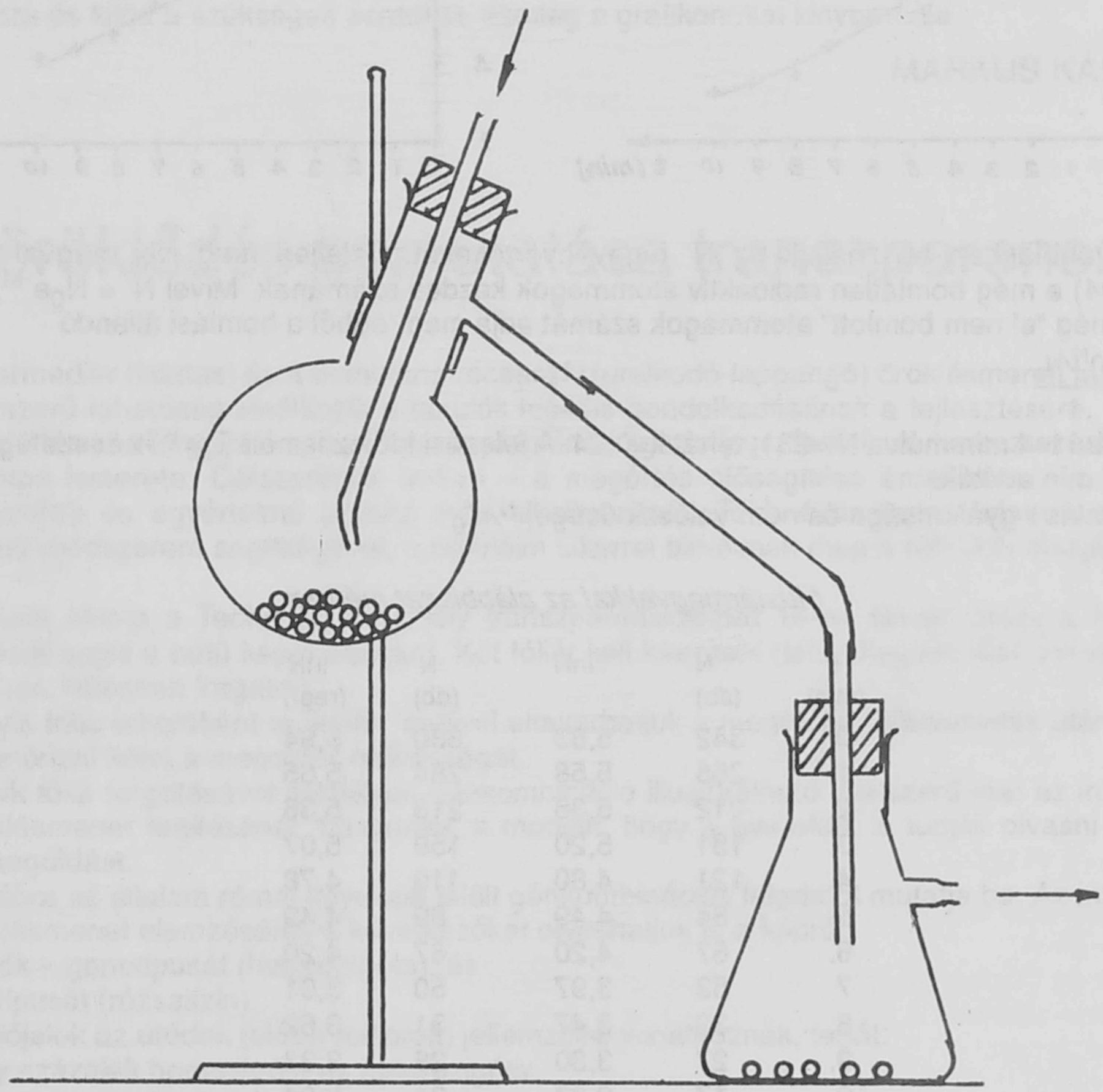
A tanítás során elég gyakran kerülünk olyan helyzetbe, hogy eszközök hiányában mondanivalónkat nem tudjuk alátámasztani szemléltetéssel, vagy kísérlettel. Azt hiszem, így van ez sok középiskolában a radioaktivitás tanításakor is, mert hiányzik a GM-cső, nincs számláló és megfelelő izotóp sincs. Mit tehet ilyenkor a tanár? Vagy a "krétafizika" módszerét alkalmazza, vagy esetleg valamilyen modell segítségével próbálja megértetni tanítványaival a fogalmakat: a

bomlási állandót, a felezési időt és az aktivitást. Eddig magam is hasonló helyzetben voltam, de egy egészen más jelenségekre vonatkozó kísérlet során megtaláltam a módszert, amely kiválóan használható a radioaktív bomlás egyes jellemzőinek (pl. felezési idő, bomlási állandó, aktivitás) szemléltetésére is.

Egy frakcionáló lombikba bemértem meghatározott számú (tömegű) magot. A növényi magvak: köles, mustár, retek stb.szemléltetik modellként a radioaktív bomlást szenvedő atommagokat. A lombikot lezártam egy átfúrt dugóval, amelyen keresztül kb. 6 mm belső átmérőjű üvegcső nyúlik be úgy, hogy a vége annak aljától nagyjából 3 cm távolságban van. Előzőleg a cső végét leszűkítettem kb. 4 mm átmérőjűre és hozzávetőlegesen 30°-kal meghajlítottam. A lombikot Bunsen-állványra szereltem, kissé megdöntve (1. ábra); csövét a szívópalack dugójában lévő üvegcsőhöz csatlakoztattam. A palack szívócsonkját pedig porszívóval kötöttem össze.

A porszívó működése közben légritkítást hoz létre a frakcionáló lombikban, annak csövén át a beáramló levegő a magokat heves mozgásra készteti, miközben néhány az oldalcsőig felpattanva a szívópalackba jut.

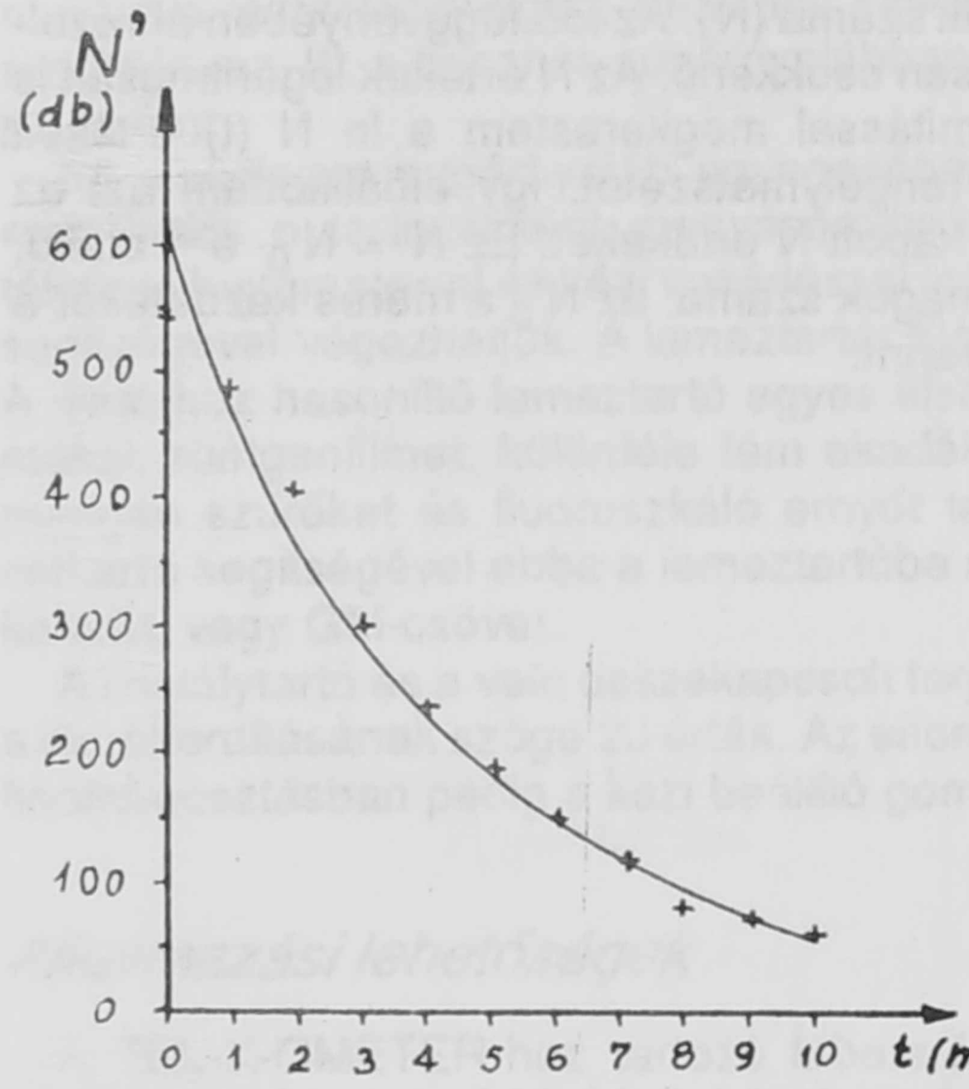
A frakcionáló lombikból az egyperces időközökben távozó (elbomlott) magok számát meghatározva megadható a lombikban visszamaradó magok száma (N). Az idő függvényében ábrázolva ezt a grafikon azt sejtette, hogy N (t) exponenciálisan csökkenő. Az N értékek logaritmusait is ábrázolva t függvényeként, lineáris regressziószámítással megkerestem a ln N (t) értékeit legjobban megközelítő egyenes meredekségét és tengelymetszetét. Így előállítottam azt az exponenciális függvényt, amely legjobban közelíti a kapott N értékeket. Ez $N' = N'_0 \cdot e^{-kt}$ alakú, ahol az N' az adott időpontban a lombikban maradt magok száma, az N'_0 a mérés kezdetekor a lombikban lévő magok száma a közelítő függvény szerint.

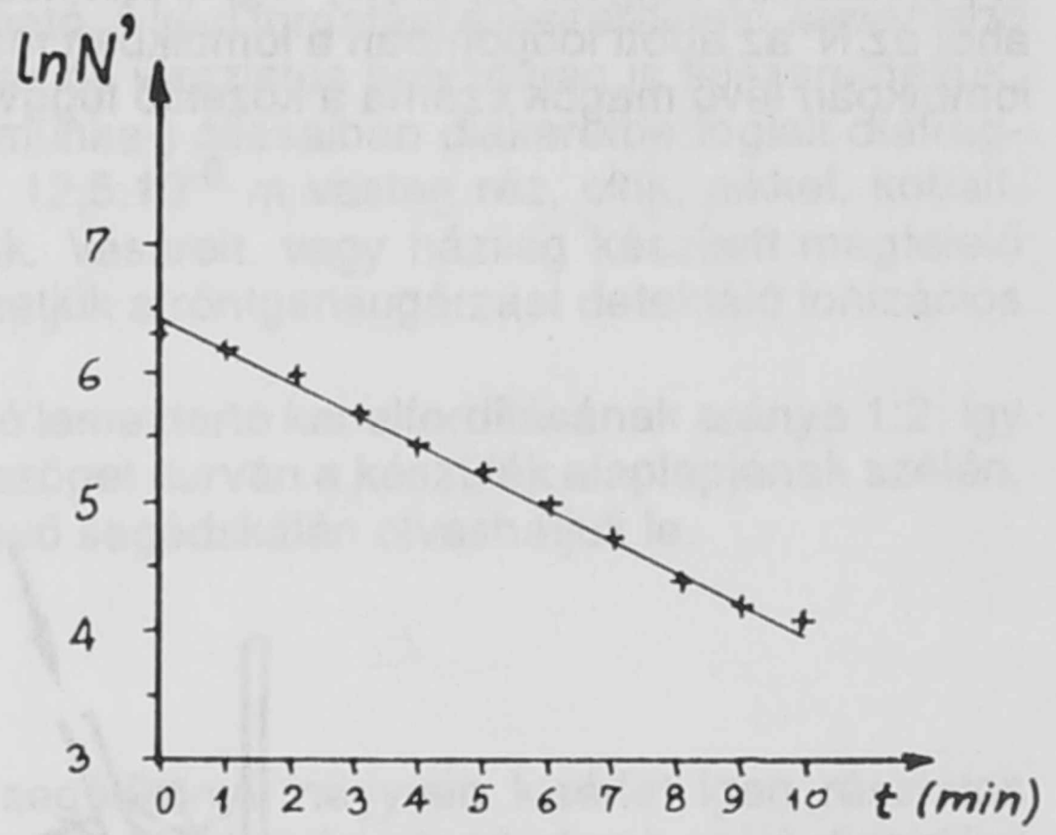


1. ábra

A kölesmagvakkal végzett mérés eredményei:

t (min)	N (db)	lnN	N' (db)	lnN'
0	549	6,31	604	6,40
1.	486	6,18	475	6,16
2.	407	6,00	374	5,92
3.	305	5,72	374	5,92
4.	237	5,46	231	5,44
5.	190	5,25	181	5,19
6.	152	5,02	143	4,96
7.	115	4,74	112	4,72
8.	82	4,41	88	4,48
9.	70	4,25	69	4,24
10.	61	4,11	55	4,00





A továbbiakban használjuk az N' függvényértékeket. Feleljen meg N'_0 magvak száma (N'_0=604) a még bomlatlan radioaktív atommagok kezdeti számának. Mivel $N' = N_0e^{-kt}$, a t idő múlva még "el nem bomlott" atommagok számát adja meg, ebből a bomlási állandó

$$k = \frac{\ln N'/N_0}{t}$$

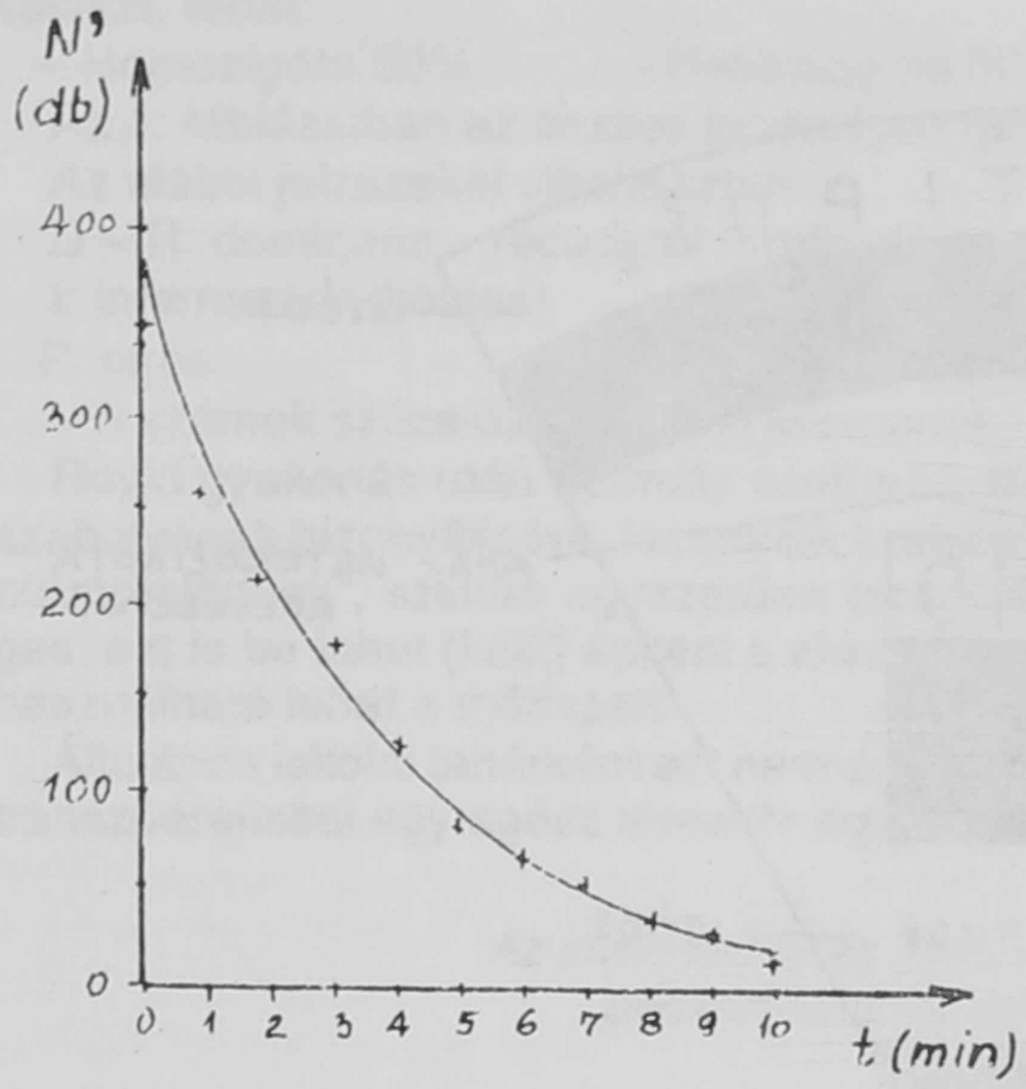
Például t=4 min múlva N'=231, tehát k=0,24. A felezési idő az ismert $T = \ln 2/k$ összefüggésből: T= 2,87 min adódik.

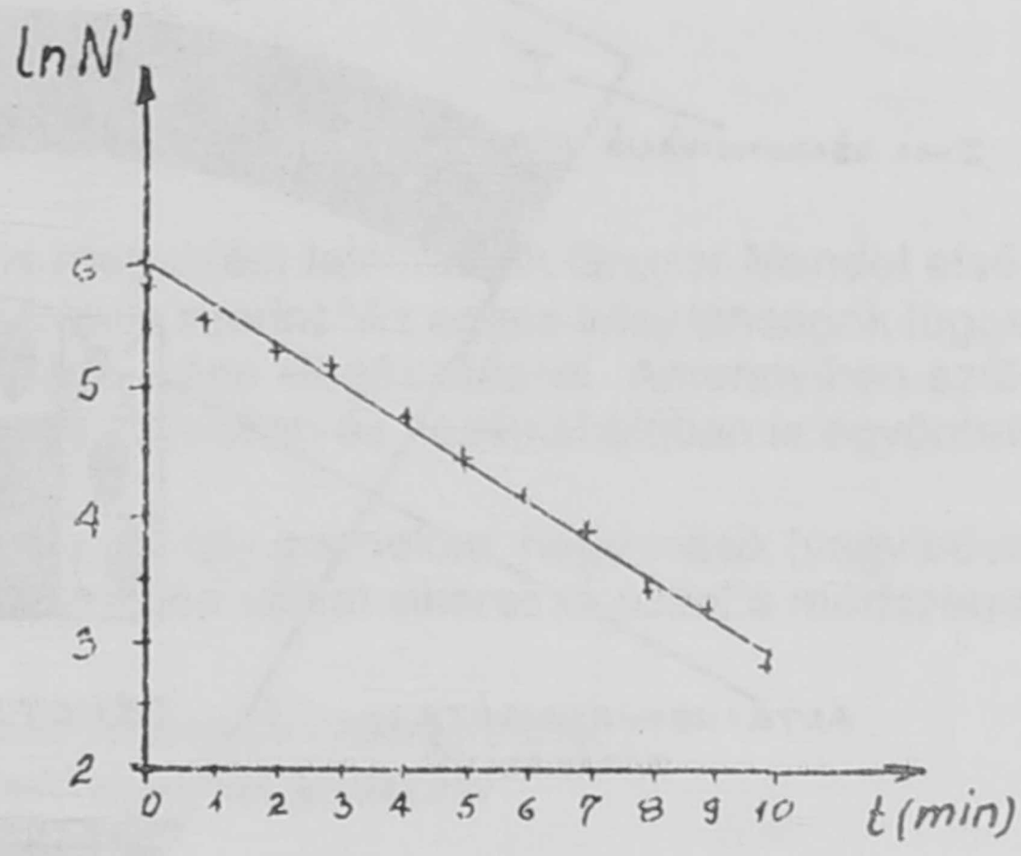
A bomlás r gyakorisága és nem valószínűsége: N'/N'_0

Mustármagvakkal az alábbiakat mértem:

t (min)	N (db)	lnN	N' (db)	lnN' (regr)
0	342	5,83	380	5,94
1.	265	5,58	284	5,65
2.	212	5,36	213	5,36
3.	181	5,20	159	5,07
4.	121	4,80	119	4,78
5.	84	4,49	89	4,49
6.	67	4,20	67	4,20
7.	53	3,97	50	3,91
8.	32	3,47	31	3,62
9.	27	3,30	28	3,33
10.	17	2,83	21	3,04

k=0,29, T=2,39 min.





A bemutatott példák szerint látható, hogy valóban jól modellezhető a radioaktív bomlás. A modell segítségével értelmezhető a bomlási valószínűség, a felezési idő, de még az aktivitás is.

Gondolom, azok a kollégák, akik szeretnek kísérletezni, megismétlik a kísérleteimet. Jó lenne, ha tapasztalataikról valamilyen formában be is számolnának.

Méréseimet eredetileg nagyon primitív módon végeztem. Minden perc végén leállítottam a porszívót, megszámláltam a szívópalackban összegyűlt magvakat, így gyűjtöttem mérési adatokat. Ötféle növényi maggal húsz sorozatot mértem. A számítógép segítségével sokkal gyorsabban valósítható meg a mérés. Fotokapu számlálja a magokat, a gép tárolja a mérési adatokat, feldolgozza és kiírja a szükséges adatokat, esetleg a grafikonokat kinyomtatja.

MÁRKUS KÁROLY

Az öröklődés bemutatása transzparenssel

Az intermedier (köztes) és a domináns-recesszív (uralkodó-lappangó) öröklésmenet tanításánál nagyszerű lehetőség kínálkozik a tanulók logikus gondolkodásának a fejlesztésére. Ennek alapvető feltétele a tárggyal kapcsolatos alapfogalmak (genotípus, fenotípus, keresztezés, hibrid stb.) pontos ismerete. Célszerűnek tartom – a megértés elősegítése érdekében – a lehető legegyszerűbb és egyértelmű jelölési mód alkalmazását. Több éves tapasztalatom alapján kidolgozott módszerem segítségével, a tanulóim sikerrel birkóznak meg a témakör elsajátításával.

Modellem alapja a Technika 6. osztály transzparenskészlet 16-os ábrája (mely a fafajták felismerését segíti a bütü képei alapján). Két fóliát kell készíteni (lehetőleg kör alakúakat, hogy könnyebben lehessen forgatni).

Az egyik fólia takaróként működik, mellyel eltakarhatjuk a megoldást. Válaszadás után elfordítva ellenőrizni lehet a megoldás helyességét.

A másik fólia forgatásával bármilyen génkombináció illusztrálható. Célszerű már az intermedier öröklésmenet tanításánál "használni" a modellt, hogy a gyerekek le tudják olvasni róla a helyes megoldást.

Az 1. ábra az általam római egyessel jelölt génkombinációs feladatot mutatja be. Az intermedier öröklésmenet elemzésénél a következőket olvashatjuk le a képről:

a szülők – genotípusát (heterozigóta), és
- fenotípusát (rózsaszín).

A kérdőjelek az utódok (előbb felsorolt) jellemzőire vonatkoznak, tehát:
– hány százalék homozigóta és heterozigóta,
– hány százalék fehér, piros és rózsaszínű?

A megoldást a takarófólia elfordítása után ellenőrizhetjük. (Lásd 2. ábra.)