

VARÁZSINGÁK a Csodák Folyosóján

Mi, vasiak két varázsingát is közel érezhetünk magunkhoz.

Az egyiket Foucault modellje alapján Európában harmadikként a szombathelyi Székesegyházban Gothard Jenő és Kuncz Adolf indította el 1880 - ban.

A másikat Eötvös Loránd vitte fel a Ság hegy platójára és próbálta ki 1891 – ben. Az általa tervezett, gravitációs mérésekre alkalmas - és róla elnevezett - inga aztán sokat segített például az olajmezők föltérképezésében.



Leon Foucault 200 éve született, Eötvös Loránd pedig 100 éve halt meg.

A két tudósra és híres inga kísérleteikre emlékeztünk a KDG - ben a Csodák folyosóján a 2019. szeptember 17 – én a második tanórán megnyitott interaktív kiállításunkkal és előadásunkkal.



Bár a két ünnepezt tudós legnagyobb szakmai sikerét az ingák jelentik, mi bemutattunk egy – egy kísérletet, egyszerűbb mérést, hogy néhány más kutatási területükről is tájékoztattuk a diákokat.

1849-ben Fizeau fogaskerekes tárcsákkal megmérte a fény sebességét levegőben, majd Foucault finomította az eljárást, (a fogaskerekeket forgó tükrökkel váltotta fel), így a fénysebességet vízben (később más anyagokban) is megmérhették.

Mi lézeres távolságmérővel mértük meg a FizKapun található leírás alapján a fény sebességét vízben.



Mivel Foucault 1855-ben felfedezte az örvényáramokat: az örvényáramok fékező hatását erős mágnes, és hosszabb rézcső segítségével mutathattuk be.



A Föld forgását 1852-ben sikerült kimutatnia az általa tervezett giroszkóppal (pörgettyűvel) is – mi a pörgettyűk mozgását egy kis „pörgetős versennyel”, valamint Öveges professzor „különc pörgettyűnek” nevezett kísérletével tanulmányoztuk.



A Foucault-inga működését bemutató legegyszerűbb eszközökkel (a FizKapun szereplő leírások alapján elkészített PET palackban elhelyezett fonálinga; cserépalátéből készített inga – modell; kartonkatedrális – modell) a diákok az előadáson és a folyosói kísérletezés során is találkoztak.

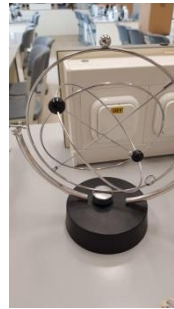


Bemutattuk a gyerekeknek egy (Foucault) inga „sima” indítását a rögzítő zsinór elégetésével.



Mivel a súrlódás és a közegellenállás miatt a Foucault inga lengéseinek amplitúdója egyre kisebbé válik, az ingát időnként újra kell indítani. Újraindítás helyett egyre több helyen elektromágneses úton kompenzálják a veszteségeket. Ehhez az ingatest alá egy mágneset erősítenek, a felfüggesztési pont alá pedig egy tekercset helyeznek el. A tekercsre minden lengés során a megfelelő pillanatban egy elektronikus vezérlőegység feszültséget kapcsol. A tekercs által létrehozott mágneses mező vonzása így minden lengés során kissé a középpont felé húzza az ingatestet. Ezzel kiegyenlíthetők a súrlódásból és közegellenállásból származó veszteségek, az ilyen Foucault-inga folyamatosan, állandó amplitúdóval leng. (Wikipédia)

Egy hasonló elven működő „örökmozgó” játék fölé helyezett mágneses ingával mutattuk be a modern kori inga – vezérlést.



Magyarországon a Miskolci Egyetem üzemeltet egy Foucault-ingát, az egyetem főbejáratának üvegcsarnokában. Ez az ország egyetlen, nem csillapodó, "meghajtott" Foucault-ingája. Egy olyan elektronikus egységgel látták el a szerkezetet, amely a légellenállás fékező hatását elektromágneses tér erejével kiegyenlíti. Ennek következtében az inga sohasem áll le, és mintegy mobil szoborként folyamatosan mutatja bolygónk forgását.

Vannak a Földön olyan jelenségek, amelyeket a forgó Földön nyugvó megfigyelő csak a tehetetlenségi erők bevezetésével tud értelmezni, közvetett módon igazolva, hogy a Föld forgó rendszerében van.

A centrifugális erő egy forgó rendszerben fellépő, sugárirányban kifelé irányuló tehetetlenségi erő. (A tehetetlenségi erő olyan erő, melyet létezőnek tekinthet egy megfigyelő, akinek vonatkoztatási rendszere gyorsul egy inerciális vonatkoztatási rendszerhez képest.)

Az ún. centrifugálgépbe szerelt eszközökkel tanulmányozhatóak a forgó koordinátarendszerekben fellépő erők, elsősorban a centrifugális erő hatásai.

A hajlékony forgó abroncs belapulása a forgó rendszerből megítélve úgy értelmezhető, hogy az abroncsot a részeit kifelé húzó centrifugális erők addig deformálják, amíg a deformáció következtében fellépő rugalmas erők éppen egyensúlyt tartanak a centrifugális erőkkel. A Föld lapultságát ezzel a szerkezettel modelleztük.

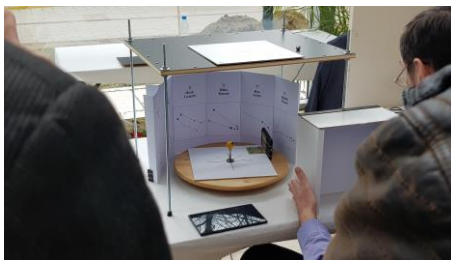


A centrifugális erőn kívül egy forgó rendszerben mozgó testre egy másik tehetetlenségi erő, az úgynevezett Coriolis-erő is hat, melynek iránya merőleges a pillanatnyi sebességre.

A Coriolis-erő a fizikában tehát egy másik tehetetlenségi erő, amely a Föld felszínén mozgó testekre hat. A Föld forgása idézi elő, ez egy ún. eltérítő erő, amely szemmel látható kitéréseket hoz létre a testek mozgásában (például a szélrendszerek és az óceáni vízmozgások rendszerében).

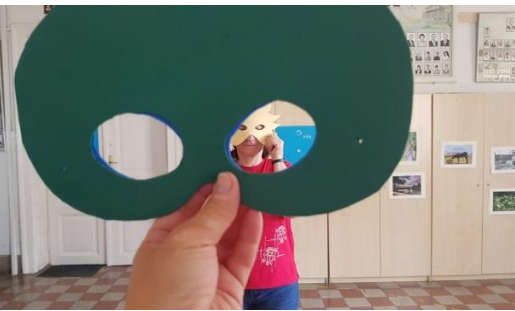
A Foucault - inga lengése igazolta, hogy lengés közben valaminek el kellett mozdulnia. Ez a „valami” nem lehetett egyéb, mint az inga felfüggesztési pontja, tehát az épület maga, amely pedig a Földön áll – vagyis a Föld az, amely elmozdult az inga alatt.

... és a „melléktermék” felnagyítva: az ekliptika szemléltetése.



A folyosói kanyarban (komoly számolás után) kiszerkesztettük a járólapra a Föld pályájának kicsinyített mását. (Az ellipszisünk nagytengelye 4 méter, a két fókusz távolsága kb. 65 cm volt.)

A falra körbe kartonpapírra festett csillagképek kerültek (Halak, Kos, Bika, Ikrek, Rák, Oroszlán...), készült két álarc is, hiszen két szereplő (az egyik fókuszpontra álló Nap, és a pályán sétáló Föld) tudja a külső szemlélőnek bemutatni, illetve a pályán haladó Földként saját maga megtapasztalni, hogy a „Földről” nézve a „Nap” mindig más-más csillagképben látszik. A Napnak ezt a látszólagos pályáját nevezzük Ekliptikának.



Előkerült egy korábbi házilag készített, valamint iskolai 100 éves és újabb Nap – Hold - Föld – , valamint egy Naprendszer modell, hiszen ez az a hely, ahol mégis mozog a Föld...





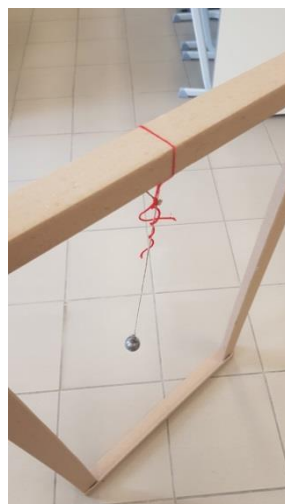
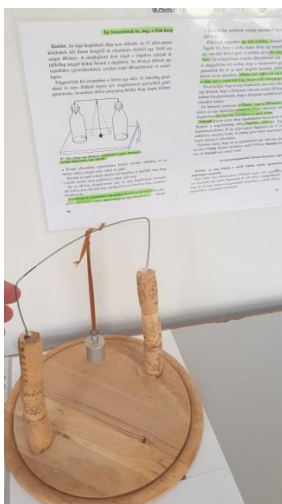
A tudományos fizikai szövegeket irodalmi idézetekkel választottuk el. Elhangzott többek között Jókai Mór, Németh László, Umberto Eco, Eötvös Loránd műveinek egy – egy részlete.



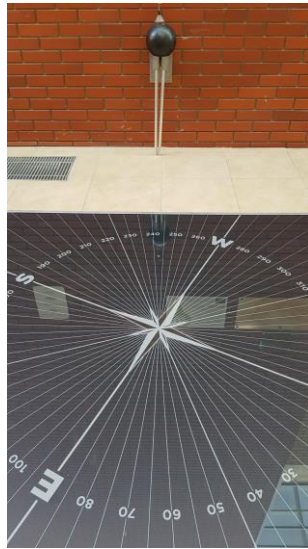
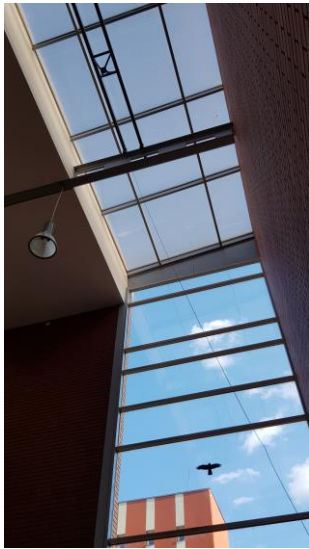
Umberto Eco: A Foucault – inga

Ekkor láttam meg az Ingát. Hosszú huzal legvégén a szentély boltozatáról függve, méltóságteli kimértséggel róttá széles lendületű íveit a gömb. Tudtam – de hát kit ne döbbenettek volna rá maguktól is azok a varázslatosan nyugodalmos sóhajok? –, hogy a lengést a huzal hosszának négyzetgyöke, illetve ama földi ésszel felfoghatatlan Π közt fennálló arány határozza meg, mely isteni okból szükségszerű kapcsolatba hozza minden lehetséges kör kerületét és átmérőjét, és így a gömb ide-oda útjának ideje titkos összeesküvésből adódik, mely a legkevésbé sem időbeli mérték: a felfüggesztési pont egysége, egy elvont kiterjedés kettőssége, a Π hármasság természete, a négyzetgyök rejtett négyzöge, a kör tökélye közt szövődött.”

És végül néhány saját magunk által eszkábált Foucault – inga (modell):



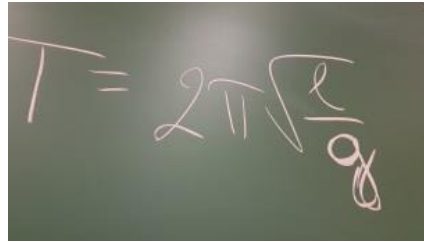
Az 1880-as szombathelyi kísérlet tanúja volt Eötvös Loránd is, aki a pesti egyetem újonnan felépülő fizika előadóját már eleve úgy alakította ki, hogy ingakísérletekre is alkalmas legyen. Eötvös Loránd Foucault - ingáját azóta a D – épületből leszerelték, viszont Szombathelyen az ELTE – SEK C – épülete kapott egy új ingát.



Eötvös Lorándnak kultusza van Vas megyében, főleg Celldömölkön: a Ság hegyen emlékoszlop jelzi, hogy a jeles fizikus anno ezt a helyet választotta mérési helyszínéül. A Vulkánházban az Eötvös-inga is alaposan szemügyre vehető és egykor a város egyik általános iskolája Eötvös Loránd nevét viselte.

Eötvös Loránd egyébként körülbelül négy évtizeden át foglalkozott a gravitációs terekkel, felfedezéseinek köszönhetően született meg a modern gyakorlati geofizika.

Bár tudjuk, hogy az „Eötvös-inga” nem is inga a szó fizikai vagy köznapi értelmében, (Eötvös maga sohasem nevezte így, írásaiban vagy a ”mérleg” vagy egyszerűen az „eszköz” szavakat használta). A középiskolai tananyaghoz kapcsolódva az elterjedt Eötvös - inga kifejezésre asszociálva, valamint a matematikai inga adta g – mérés lehetősége miatt a matematikai inga tulajdonágait vizsgáltuk a diákokkal egyszerű kísérletek segítségével.



$$T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

$$g = (4\pi^2 l) / T^2$$



Mérési eredményeink:

Az inga hossza: $l = 380 = 0,38 \text{ m}$

A lengések száma: 10

A mérés sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	Átlag
10 lengés időtartama (s)	10,95	11,05	11,05	11,20	10,90	
A lengési idő (s)	1,095	1,105	1,105	1,120	1,090	$\frac{5,760}{5} = 1,152(0)$
g számított értéke m/s^2	10,75	10,90	10,80	11,20	10,25	11,2(0)

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g}$
 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 0,38}{1,2^2} = \frac{14,9872}{1,44} = 10,41$

Nézzétek gyerekek meghatározzuk fonalingával

A mérési eredményeink:

Az inga hossza: $l = 380 = 0,38 \text{ m}$

A lengések száma: 10

A mérés sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	Átlag
10 lengés időtartama (s)	10,95	11,05	11,05	11,20	10,90	
A lengési idő (s)	1,095	1,105	1,105	1,120	1,090	$\frac{5,760}{5} = 1,152(0)$
g számított értéke m/s^2	10,75	10,90	10,80	11,20	10,25	11,2(0)

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g}$
 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 0,38}{1,2^2} = \frac{14,9872}{1,44} = 10,41$

Mérési eredményeink:

Az inga hossza: $l = 380 = 0,38 \text{ m}$

A lengések száma: 10

A mérés sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	Átlag
10 lengés időtartama (s)	10,95	11,05	11,05	11,20	10,90	
A lengési idő (s)	1,095	1,105	1,105	1,120	1,090	$\frac{5,760}{5} = 1,152(0)$
g számított értéke m/s^2	10,75	10,90	10,80	11,20	10,25	11,2(0)

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g}$
 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 0,38}{1,2^2} = \frac{14,9872}{1,44} = 10,41$

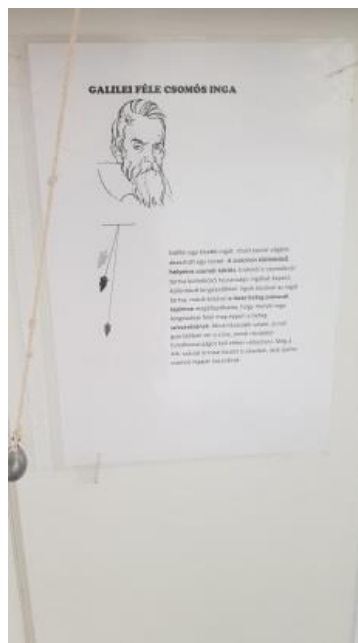
Bár a mi számítási eredményünk $11,2 \text{ m/s}^2$ – re jött csak ki, a mérés pontosságával nem, de a nagyságrenddel meg voltunk elégedve.

Galileo Galilei (1564-1642), mint egyetemi hallgató a pisai székesegyházban mise közben felfedezte, hogy a himbálódzó csillár lengésideje mindig azonos. Észlelését a rendelkezésre álló egyetlen „karórán”, saját pulzusán ellenőrizte és meglepetésére a csillár-inga lengésideje a kilengés tágasságának csökkenésével ugyanaz maradt. Azt is sikerült bizonyítania, hogy a lengési idő az inga hosszának négyzetgyökével arányos.

Sőt, fordítva is felhasználta a csomózott szárú ingáját: a lázas beteg pulzusához megkereste a megfelelő lengésidejű ingahosszat, így „mérve” – jelölve a beteg lázát.



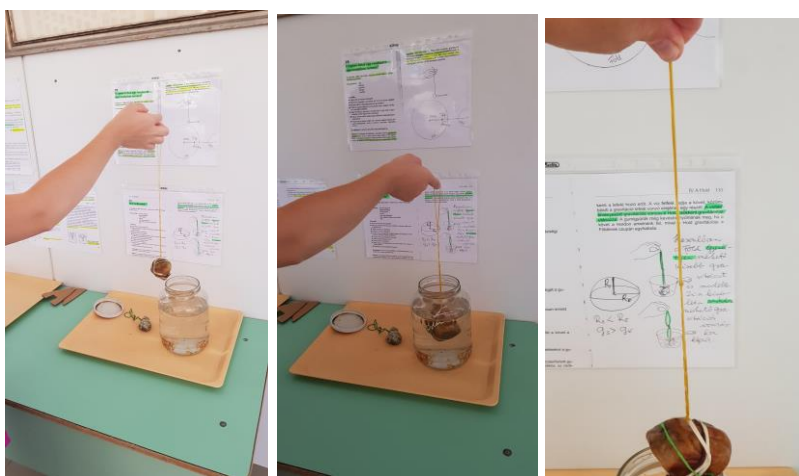
Galilei egy kisebb ingát: rövid zsinór végére akasztott egy testet. **A zsinóron különböző helyekre csomót kötött.** Ezeknél a csomóknál különböző hosszúságú ingákat kapott, különböző lengésidekkel. Egyik kezével az ingát tartva, másik kezével **a lázas beteg pulzusát tapintva** megállapíthatta, hogy melyik inga lengésideje felel meg éppen a beteg **szíverésének**. Minél lázasabb valaki, annál gyorsabban ver a szíve, annál rövidebb fonalhosszúságot kell ehhez választani. Még a XIX. század orvosai között is akadtak, akik Galilei csomós ingáját használták.



Eötvös Loránd a gravitációs tér változásának mérésére megszerkesztette világhírűvé vált torziós ingáját.

A következő képek egy olyan kísérletről készültek, amely során a gravitációs mező változását modelleztük.

A gravitáció lefelé húzza a követ, megnyújtva a követ tartó gumigyűrűket. Ha víz van az edényben, a kő felemelésekor a gumigyűrűk kevésbé nyúlnak meg. A kőre ható felhajtóerő különbözteti a kőre ható gravitációs erő egy részét, így modellezni tudjuk a vízben vagy csak levegőben gumigyűrűvel tartott kővel a kisebb vagy nagyobb gravitációs vonzást.



A tiszta folyadékok felületi feszültségének hőmérsékletfüggését is kutatta Eötvös Loránd; kimutatta a csökkenését a hőmérséklet növekedésével.

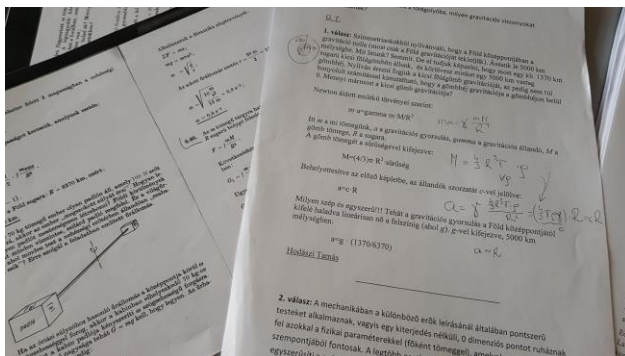
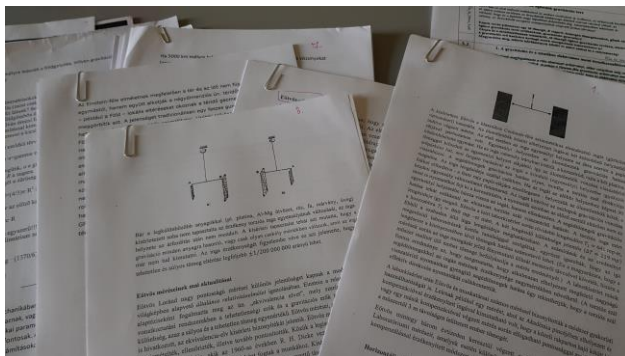
Az előadáson és a folyosói kiállításon mi a hőmérsékletet nem változtattuk, csak szappan, illetve mosogatószer segítségével a víz felületi feszültségét.

Szivacsos – lyukas anyagon keresztül fújva a levegőt sok picike buborék keletkezik – remek szórakozás habkígyót fújni.







Ez is inga!

Ha a két ping – pong labda – inga közé levegőt fújunk, akkor Bernoulli törvényének megfelelően a labdák egymás felé mozdulnak el.



Már olvasás közben használd az alábbi jeleket:

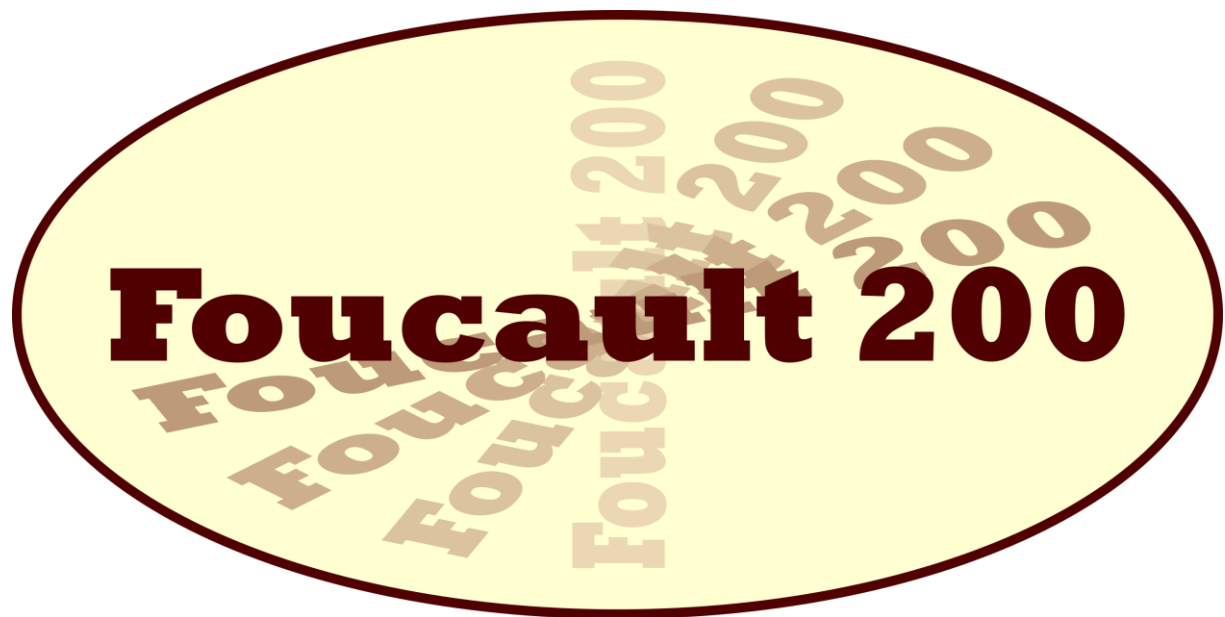
-  Ha az olvasottak megegyeznek azzal, amit eddig is tudtál.
-  Ha az olvasottak ellentmondanak annak, amit eddig is tudtál.
-  Ha az olvasottak új információ számodra.
-  Ha az olvasottak kérdést vetnek fel benned.

Ezzel a trükkkel képes leszel kevesebb olvasással többet megjegyezni!

www.facebook.com/speckoped

speckoped.blogspot.com

A fizika fakultációsoknak házi feladat is jutott: Eötvös Loránd munkásságát taglaló szövegek és a gravitációval kapcsolatos példák feldolgozása insert olvasás technikájával.



Sinkó Andrea – Horváthné Szőke Gyöngyi – Kovacsics Bernadett

Szombathely, 2019. szeptember 20.

Szombathelyi Kanizsai Dorottya Gimnázium