7. Mechanikai kísérletek I. (Kinematika, Newton-törvények)

Tartalom

1. Egyenes vonalú egyenletes mozgás megfigyelése ún. Mikola-csővel 2
2. A mozgások függetlenségének bemutatása kalapácsos ejtőgéppel 3
3. Lejtőn leguruló golyó mozgásának vizsgálata 4
4. A nehézségi gyorsulás értékének mérése deszka-ingával 5
5. Kísérletek a tehetetlenség törvényére 7
   a) Papírlap kihúzása tárgyak alól 7
   b) Érmetorony 8
   c) „Bűvésztrükk” I. 8
6. Newton II. törvényének sztatikus erőfogalomra alapozott bevezetése 9
   a) Sztatikus erőfogalom kísérleti megalapozása 9
   b) Newton II. törvénye 9
7. A hatás-ellenhatás törvényének demonstrációs lehetőségei 11
   a) Erőmérők 11
   b) Lufis jármű 12
   c) Szétlökődő kiskocsik 12
8. Súly és súlytalanság 13
   a) Testek tömegének és súlyának mérése 13
   b) A súly változtathatósága 14
   c) Mérlegen állva liftben 14
   d) Könyvek között papírlap 15
9. Súrlódásos kísérletek 16
   a) A súrlódási erő létének szemléltetése 16
   b) A tapadási és a csúszási súrlódási erőt befolyásoló tényezők vizsgálata 16
   c) Csúszási és tapadási súrlódási együttható mérése lejtőn 18

1. Egyenes vonalú egyenletes mozgás megfigyelése ún. Mikola-csővel

A kísérlet célja

Az egyenes vonalú egyenletes mozgás bemutatása

Szükséges anyagok, eszközök

- Mikola-cső
- kréta
- metronóm
- stopper (ill. saját telefon)
- mérőszalag vagy vonalzó

Leírás

A Mikola-cső egy kb. 1 m hosszú, 1 cm átmérőjű cső, amely általában vízzel van feltöltve úgy, hogy legyen benne egy néhány cm-es buborék. A cső Bunsen-állványhoz van rögzítve; dőlésszöge forgatással változtatható. A döntés szögének beállítását szögmérő segíti. A Mikola-csőben a buborék egy adott dőlésszög esetén egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, így a Mikola-cső az egyenes vonalú egyenletes mozgás bemutatására kiválóan alkalmas.

Az egyenes vonalú egyenletes mozgás demonstrálására a következő két lehetőség adódik:

- Állítsuk be a metronómot úgy, hogy 1 másodperces periódusidővel kattogjon, majd állítsuk a Mikola-csövet 20°-os dőlésszögre! A metronóm kattanásaira jelöljük meg krétával a buborék elejének helyét a lécen. Legalább öt pontot vegyünk fel, majd mérjük meg az egyes szakaszok hosszát mérőszalaggal vagy vonalzóval!
- Osszuk fel a cső hosszúságát 4-5 egyforma hosszúságú szakaszra (pl. 15-15 cm), majd állítsuk a Mikola-csövet 20°-os dőlésszögre! Telefon stopperének ún. köridő funkcióját használva mérjük meg az egyes szakaszok megtételéhez szükséges időtartamokat!

Feladatok

- A mérési adatokat foglaljuk táblázatba, majd készítsük el a mozgás út-idő, sebesség-idő és gyorsulás-idő grafikonját a mért adatok alapján.
- Igazoljuk, hogy a buborék valóban egyenes vonalú egyenletes mozgást végez!
- Végezzük el a metronómos mérést 10°-os dőlésszögtől 90°-os dőlésszögig, 10°-os lépésekben! Ábrázoljuk a buborék sebességét a dőlésszög függvényében. Mit várunk, milyen alakú lesz a görbe?

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Keressünk egyenes vonalú egyenletes mozgásra példákat a hétköznapokból!

Módszertani kiegészítések

- A Mikola-csöves kísérletet érdemes tanulói mérőkísérletként elvégeztetni a diákokkal, mivel technikailag egyszerű, de fontos mérési alapelvek taníthatók meg általa. Problémát egyedül az eszközhiány jelenthet, de könnyen és olcsón elkészíthető otthoni eszközökkel.

2. A mozgások függetlenségének bemutatása kalapácsos ejtőgéppel

A kísérlet célja

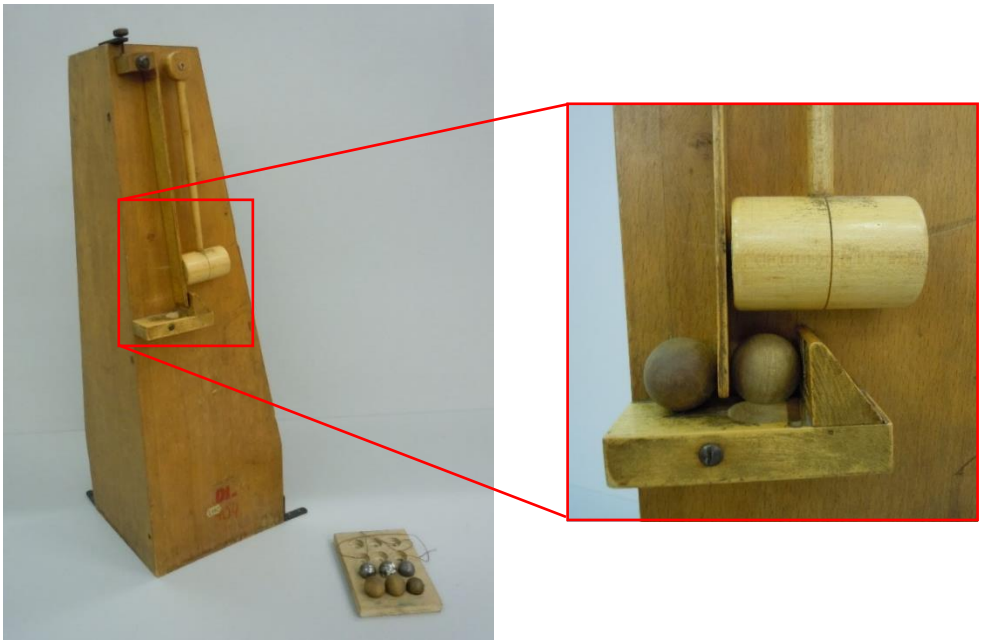
A vízszintes hajítás felfogható úgy, mint vízszintes irányba történő egyenletes mozgás és függőleges irányú szabadesés eredője

Szükséges anyagok, eszközök

- kalapácsos ejtőgép
- 2 db fagolyó

Leírás

Helyezzük a két fagolyót az ábra szerint a kalapácsos ejtőgépbe. Ekkor az egyik golyót a lemezrugó a nyílás fölé szorítja, a másik golyó pedig a vízszintes alátéten nyugszik, és a lemezrugó éppen érinti. Térítsük ki kissé a kalapácsot, majd elengedjük el, és figyeljük a két golyó földet érését jelző koppanás egyidejűségét!



Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Milyen mozgást végez az egyik, illetve a másik golyó?
- Hogyan kapcsolható össze a mozgások függetlenségének elve Newton IV. törvényével?

Módszertani kiegészítések

- Elmélyíti a mozgások függetlenségének elvét, ha a kísérlet bemutatása után a kísérletben tapasztaltakat felhasználó feladatot is megoldunk.
- Manapság egyre elterjedtebbek azok a mobiltelefonok, melyek tudnak nagy sebességű (120 fps feletti) videofelvételt. Ha nekünk nincs ilyen, akkor érdemes a diákokat megkérdezni. A kísérletet gyors videóra véve nem csak „hallványos”, de nagyon látványos is a közös leérkezés.

Extrém példák említése le tudja nyűgözni a diákokat ennél a kísérletnél. Például a kísérlet eredménye alapján egy pisztollyal vízszintesen ellőve a lövedék ugyanakkor ér földet, mint az melyet abban a pillanatban elejtünk azonos magasságból. Természetesen ez csak akkor igaz, ha a közegellenállástól és egyéb tényezőktől eltekintünk.

3. Lejtőn leguruló golyó mozgásának vizsgálata

A kísérlet célja

Galilei történelmi kísérletének bemutatása; a négyzetes úttörvény szemléltetése, igazolása

Szükséges anyagok, eszközök

- fémrúd, középen végig vályúval, rajta jelölések 1, 4, 9, 16 hosszegységnél
- acélgolyó
- stopper (ill. saját telefon)
- fahasáb alátétnek

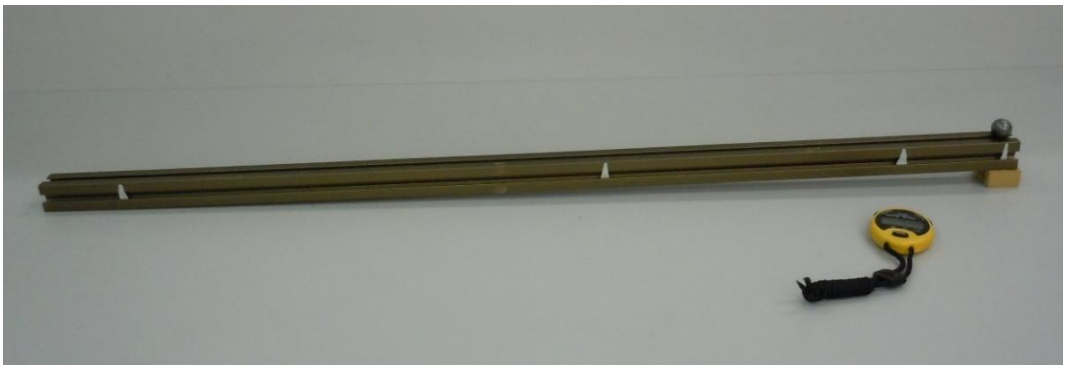
Leírás

Támassza fel a fahasábra néhány cm magasságra a sínnek azt a végét, melyen egymáshoz közel helyezkednek el a jelölések!

A kezdőpontból indítva mérje meg, hogy mennyi idő alatt érkezik a golyó az egyes jelölésekhez! Ennek lehetőségei:

- A golyó végiggurul a lejtőn, a stopper köridő funkcióját használva megmérhető a jelölésekhez való érkezés ideje → egy mérésben mérjük az összes adatot.
- A golyót elindítva mindig csak a vizsgált jelöléshez való érkezés időtartamát mérjük → egyszerre csak egy adatot mérünk.

Minden időadatot háromszor mérjen meg!



Feladat

- A mérési adatokat foglalja táblázatba!
- A táblázat utolsó oszlopában számítsa ki az egyes távolságok megtételéhez szükséges idő négyzetét is!
- Ábrázolja grafikonon a megtett utat az eltelt idő függvényében! Milyen alakú a függvénygörbe? Hogyan értelmezhető?
- Ábrázolja grafikonon a megtett utat az eltelt idő négyzetének függvényében! Milyen alakú a függvénygörbe? Hogyan értelmezhető?
- Az egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgás mely jellemzőjét igazoltuk így? Miért és hogyan következik ebből, hogy a golyó egyenletesen gyorsuló mozgást végez?

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Az egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgás mely jellemzőjét igazoltuk így?
- Miért és hogyan következik a kísérletből, hogy a golyó egyenletesen gyorsuló mozgást végez?
- A fenti kétféle időmérési módszer közül melyik a pontosabb?

- Milyen más módszerekkel igazolható, hogy egy mozgás (pl. lejtőn leguruló golyó) egyenletesen gyorsuló mozgást végez?
- Nézzünk utána Galilei életének és munkásságának!

Módszertani kiegészítések

- A mérési adatokat érdemes táblázatba foglalni, amelynek utolsó oszlopában az egyes távolságok megtételéhez szükséges idő négyzetét számoljuk ki. A megtett utat az eltelt idő négyzetének függvényében ábrázolva egyenest kapunk, amelyből $s \sim t^2$-re következtethetünk.
- A $s \sim t^2$ összefüggés egy speciális egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgásra, a szabadesésre is bemutatható kötélre csomózott anyacsavarok segítségével (lásd 5.4. kísérlet).
- A mérést érdemes úgy elvégezni, hogy a diákok mérik az időt. A diákok egy csoportja mérheti a 16, egy másik csoport a 9, egy harmadik a 4, és egy negyedik 1 egység megtételéhez szükséges időt. A tanár hangjeleket is adhat az egyes jelölők elérésekor. Ezzel a módszerrel az egyik módszer pontosságát ötvözzük a másik módszer gyorsaságával.
- A kísérlethez kapcsolódóan mindenképpen érdemes Galilei munkásságával foglalkozni, azon belül a természettudományos gondolkodás kialakulásával. A történelemben talán ez a legelső kísérlet, melyet egy elmélet tudományos igazolása kedvéért végeztek el. A történelmiségét kihangsúlyozva a kísérletet el lehet végezni archaikusan, azaz nem stoppert, hanem Galilei által használt vízórát használva. Galilei, mivel nagy pontosságú időmérő eszköze nem volt, ezért egy vödörből csöpögtetett vizet (egyenletesen), melynek a tömegét mérte. Természetesen nem szükséges egy vödröt átfúrni és kétkarú mérleggel mérni a tömegeket, de az is tanulságos lehet, ha a csapból egyenletesen kifolyó vízzel mérünk. A mérés menete a következő: Készítsünk elő 12 egyforma műanyag poharat. A csapot állítsuk egy egyenletes, lassú kiolyásra. Előzetesen ezt érdemes kipróbálni és olyan kifolyási sebességet választani, hogy a leghosszabb út alatt pont megteljen a pohár. A méréshez szükséges egy diák segítsége. A golyó indítását érdemes a tanárnak végezni. A diák dolga, hogy indításkor betegye a csap alá a poharat és az adott út megtétele után kivegye. Ezt a tanár hangjelzésekkel tudja irányítani. Minden távolságon érdemes 3-szor ismételni. Ezt követően egy (a pohár tömegével tárázott) mérleggel mérjük meg a víz tömegét. Ezt, mint önkényes egységet használva igazolhatjuk a négyzetes úttörvényt.

4. A nehézségi gyorsulás értékének mérése deszka-ingával

A kísérlet célja

A nehézségi gyorsulás értékének közelítő meghatározása

Szükséges anyagok, eszközök

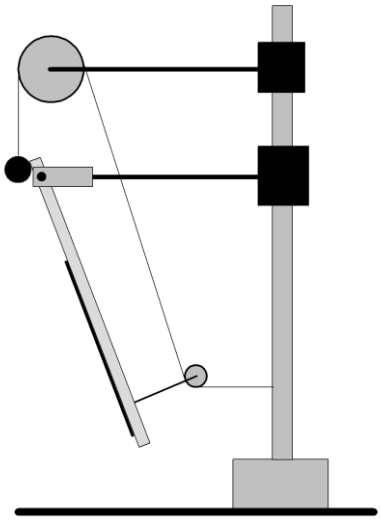
- deszka-inga (Whiting-féle)
- Bunsen-állvány, csavarral
- szivacslap
- fonál

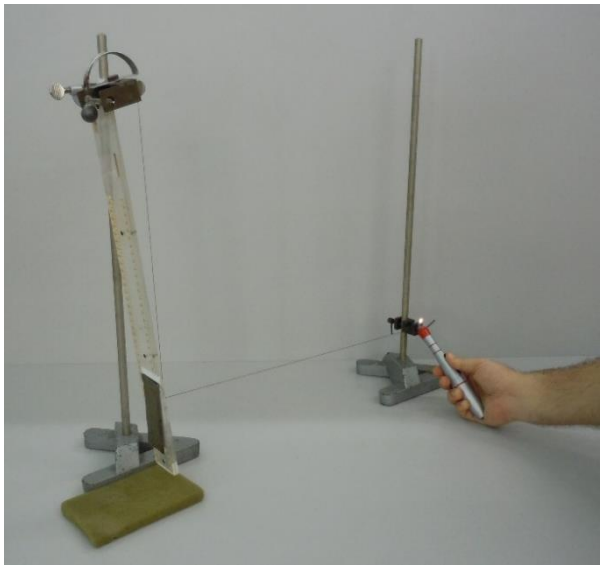
- gyufa vagy gázgyújtó
- acélgolyó akasztóval
- papírlapok
- indigó
- cellux

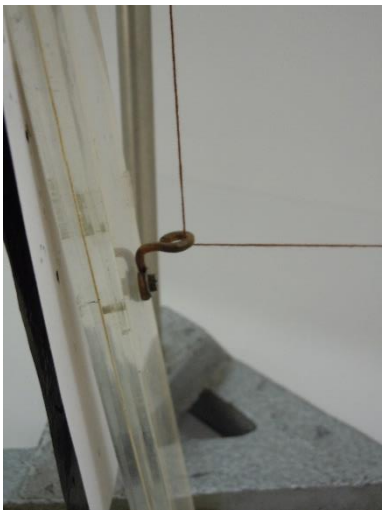
Leírás

A Whiting-féle deszka-inga egy vízszintes tengely segítségével felfüggesztett, kb. fél méter hosszúságú, 5 cm széles léc, mely kitérítve fizikai ingaként lengéseket végez T periódusidővel. Mérjük meg ezt a periódusidőt, 10 lengés átlagát számolva!

Ragasszunk a deszka külső felének alsó egyharmadára papírlapot, erre pedig indigópapírt (a festékes rész a papírlap felé nézzen). Egy fémgolyón fűzzünk át kb. 1 méter hosszú cérnát, amelynek másik végét a lécre csavarozott hurkon át vezetve kössük egy Bunsen-állványhoz az ábra szerint. Az átfűzött fonál egyrészt kitéríti a deszkát nyugalmi helyzetéből, másrészt a golyót is felfüggesztve tartja. A cérnát úgy kössük meg, hogy a deszka kb. 20°-os szögben térjen ki és a golyó pedig éppen a léc tengelyével egy vonalban legyen (lásd fénykép)! A golyó leesési helyére helyezzünk szivacslapot!







Égessük el a cérnát a befogási pont közelében. Ekkor az elégetés pillanatában a golyó leesik, és a deszka kilendül, majd a deszka és a golyót ütközik, amikor a léc éppen függőleges állásban van. A golyó és a léc ütközésének pillanatáig a deszka éppen negyed periódust tett meg egy lengéséből.

Mivel a golyó az ütközés miatt nyomot hagy a papíron, meg tudjuk határozni a szabadon eső golyó által megtett utat, ami az ütközési nyom és a forgástengely távolsága. Ezen adatokból (t, s) kiszámolható a nehézségi gyorsulás értéke.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Ismertessen további legalább három módszert a nehézségi gyorsulás értékének közelítő meghatározására.

Módszertani kiegészítések

- A deszkás inga házi eszközökkel is könnyen megvalósítható. A képeken látható eszköz is saját készítésű.

5. Kísérletek a tehetetlenség törvényére

a) Papírlap kihúzása tárgyak alól

A kísérlet célja

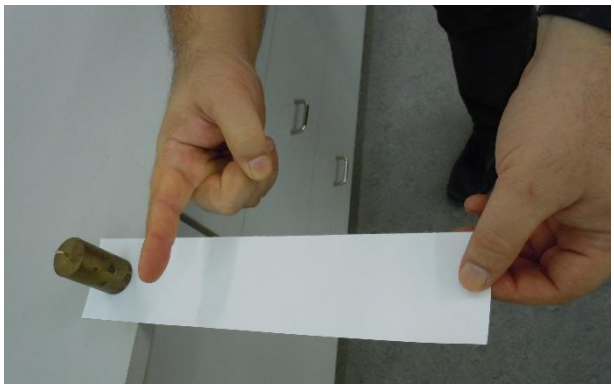
A tehetetlenség törvényének bemutatása egyszerű demonstrációs kísérlettel.

Szükséges anyagok, eszközök

- hosszú, keskeny papírlap (kb. 5x30 cm)
- fahenger
- vashenger

Leírás

Fektessünk egy kb. 30 cm hosszú, 5 cm széles papírlapot az asztalra úgy, hogy csak az egyik vége legyen az asztal szélén, a levegőben lévő véget fogjuk meg. Helyezzünk az asztalon lévő papírvégre egy vashengert! Ha lassan húzzuk le a papírlapot az asztalról, akkor a vashenger a papírlappal együtt mozog.



Rántsuk ki hirtelen a papírlapot a henger alól! Ezt a legcélszerűbb a következőképpen megtenni: a papírlap egyik végét egyik kezében fogva, csapjunk rá a másik kezünk mutatóujjával a vízszintesen tartott papírlapra (lásd fénykép). Ekkor a vashenger (jóformán) a helyén marad. Végezzük el ez utóbbi kísérletet ugyanekkora méretű fahengerrel (azaz kisebb tömegű hengerrel) is.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Hogyan magyarázható a fa- és a vashenger esetén tapasztalt különbség?

- Hogyan változna a kísérlet kimenetele, ha a henger és a papírlap közti súrlódási együttható nulla lenne?
- Soroljon fel példákat a hétköznapi életből, amikor felhasználjuk a tehetetlenség törvényét!

Módszertani kiegészítések

- A súrlódás erőtörvényének ismeretében mélyebb magyarázat is adható a tapasztaltakra. Bevezető szinten (általános iskola, vagy a dinamika tanulásának kezdetén) nem érdemes túlmagyarázni. Bőven elég annak tudatosítása, hogy a nyugvó testek nyugalmi állapotukat fenn akarják tartani és minél nagyobb valaminek a tömege, annál nehezebb a nyugalmi állapotából kimozdítani.

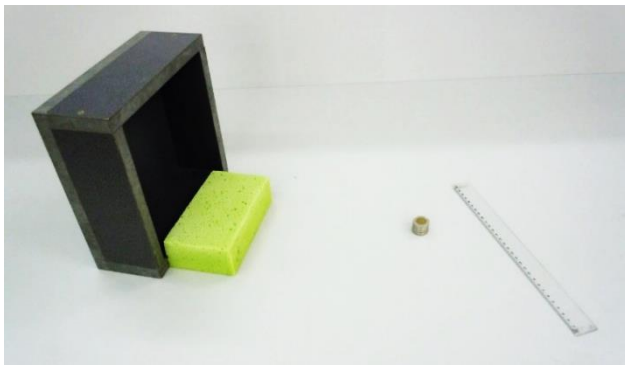
b) Érmetorony

A kísérlet célja

A tehetetlenség törvényének bemutatása egyszerű demonstrációs kísérlettel.

Szükséges anyagok, eszközök

- 6 db 100 Ft-os érme
- vonalzó
- doboz
- szivacs



Leírás

Állítsunk egymásra 6 db 100 Ft-os pénzérmét az asztalra, majd a vonalzót vízszintesen az asztal lapja mentén mozgatva üssük ki a mindenkori alsó pénzérmét a szivacs felé!

Vigyázat!

A kísérlet elvégzése előtt teremtsünk az asztalon olyan körülményeket, hogy az elütött érméket könnyen és maradéktalanul megtalálhassuk, ezt a célt szolgálhatja a doboz és a szivacs.

c) „Bűvésztrükk” I.

A kísérlet célja

A tehetetlenség törvényének bemutatása egyszerű demonstrációs kísérlettel.

Szükséges anyagok, eszközök

- főzőpohár (250 cm^3-es), kibélelve papírtörlővel
- kartonlap
- 1 db 100 Ft-os érme

Leírás

Egy papírtörlővel bélelt főzőpohár szájára fektessünk egy kartonlapot, majd helyezzünk erre egy 100 Ft-os pénzérmét. A kartonlap elpöckölésével juttassuk a pénzérmét a főzőpohárba.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Hogyan változna a kísérlet kimenetele, ha a pénz és a karton közti súrlódási együttható nulla lenne?

Módszertani kiegészítések

- A kísérlet hatása növelhető, ha hangzatos szöveggel „bűvésztrükk-szerűvé" tesszük ezt a kísérletet.

6. Newton II. törvényének sztatikus erőfogalomra alapozott bevezetése

a) Sztatikus erőfogalom kísérleti megalapozása

A kísérlet célja

Az erőfogalom sztatikus bevezetése és ennek segítségével Newton II. törvényének kísérleti igazolása.

Szükséges anyagok, eszközök

- tükörskála, Bunsen-állványba befogva
- rugó (viszonylag laza)
- alkoholos filctoll
- egyforma tömegű nehezékek (50 g-os súlysorozat)

Leírás

A Bunsen-állvány diójára akasszuk a rugót és a mögé rögzített papíron jelöljük be a rugó aljának helyét. Akasszunk ezután egyforma tömegű nehezékeket egymás után a rugóra, majd minden ráakasztás után jelöljük meg a papíron a rugó aljának helyét. Azt tapasztaljuk, hogy a szakaszok, vagyis a rugó egyes megnyúlásai egyforma hosszúságúak. Az erő alakváltoztató hatásának demonstrálása mellett ezzel a módszerrel erőmérő eszközt készítettünk, vagyis megadtuk az erő mérésének módját. Ez egyenértékű a definíció megadásával, helyettesíti azt.

Az egység lerögzítése után a rugós erőmérő segítségével tehát meg tudjuk adni egy testre ható (gyorsító)erő nagyságát.

b) Newton II. törvénye

A kísérlet célja

Az erőfogalom sztatikus bevezetése és ennek segítségével Newton II. törvényének kísérleti igazolása

Szükséges anyagok, eszközök

- sín leejtőnek, egyik végén kampóval

- laborlift (vagy könyvek a sín egyik végének megemeléséhez)
- kiskocsi (súlyokkal)
- rugós erőmérő (1 N méréshatárú)
- erőmérő alá kis fa ék
- stopper (vagy saját telefon)
- mérőszalag

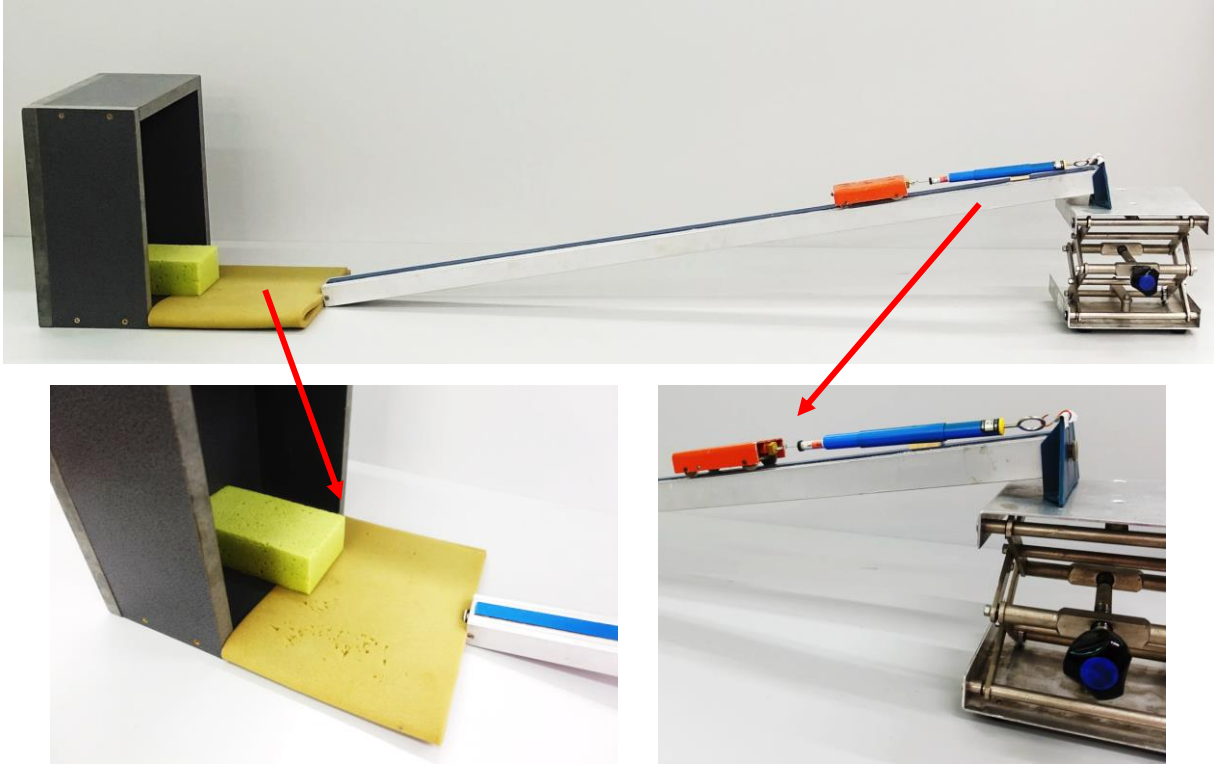
Leírás

A laborliftet csavarjuk maximális magasságra, majd támasszuk fel a sín kampós oldalát a liftre, hogy lejtőt alkosson. A rugós erőmérő fix oldalát akasszuk be a feltámasztott oldalon lévő kampóba. Helyezzünk a sínre könnyen gördülő kiskocsit a súlyokkal és csatlakoztassuk a rugós erőmérőhöz. Majd tegyük a fa éket az erőmérő alá a képen látható módon úgy, hogy az erőmérő a sínnel párhuzamos legyen. Olvassuk le az erő értékét! A súrlódás miatt az erő leolvasása bizonytalan; a kocsi lökdösésével más-más egyensúlyi helyzet beállítása lehetséges. A kocsi mozgatásával nézzük meg, hogy melyik az a pont, amikor már csak a rugós erőmérő tartja a kocsit!

Ezután határozzuk meg a kiskocsi gyorsulását! Ehhez az adott lejtőn, ismert hosszúságú szakaszon engedjük legurulni a kiskocsit és mérjük meg az ehhez szükséges időt! (Figyeljünk oda, hogy a kiskocsi a sínben fusson!) A négyzetes úttörvény segítségével kiszámítható a gyorsulás.

Vigyázat!

Nagyon fontos a kép bal oldalán látható „kifutó megépítése”, amely biztosítja, hogy a kocsit ne kelljen megfogni, de ne is sérüljön túlzottan a kísérlet során.

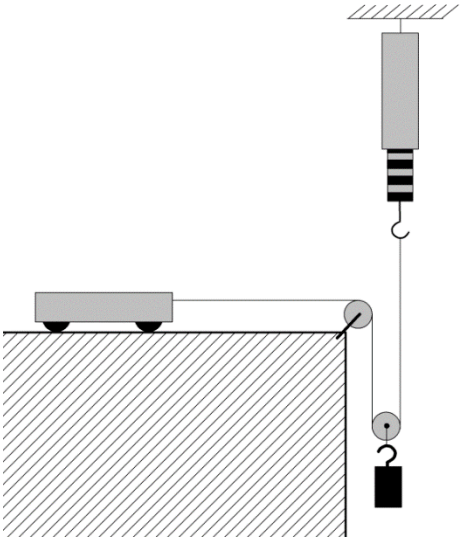


Feladatok

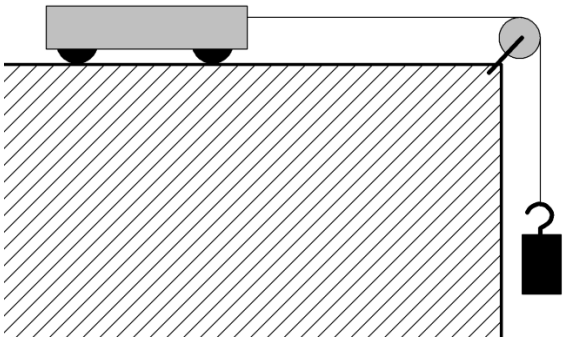
- Végezzük el a fent leírt mérést 4 különböző hajlásszög esetén! (A laborlift legmagasabb és legalacsonyabb állása között még két kb. egyenlő lépésben.)
- Ábrázoljuk a kiskocsi gyorsulását a gyorsító erő függvényében!
- Határozzuk meg a grafikonról a kiskocsi tömegét, majd vessük össze a mérleggel való mérés eredményével!
- Vegyük számba a mérést befolyásoló hibákat!

Módszertani kiegészítések

- Az erő közvetlen mérésére alapozott kísérlet klasszikus példája a szélső ábrán látható. A kísérlet során a mozgócsigára különböző testeket akasztva, mérjük a kiskocsi gyorsulását és a fonálra kapcsolt erőmérővel a kocsira ható erőt. Vegyük észre, hogy a kiskocsit a fonalerő gyorsítja, s a dinamométer éppen ezt az erőt méri. Az erő nagyságára tehát nem a csigára akasztott testek tömegéből következtetünk.



  A mért értékpárokat erő – gyorsulás grafikonon ábrázolva megállapíthatjuk, hogy a mérési pontok olyan egyenesre illeszkednek, amely jó közelítéssel az origón megy át, azaz $F \sim a$. Mivel az erőmérő csak nehezen olvasható le, hiszen a mozgás egyenletesen gyorsuló szakasza rövid, és technikailag ennek a kísérletnek az összeállítása nehézkes, ezért javasoljuk a 5.10/b pontban leírt összeállítást.
- A mérési problémákat gyakran az alsó ábrán látható egyszerűsített mérési összeállítással szokták kiküszöbölni, de elvi hibája miatt nem javasoljuk.



7. A hatás-ellenhatás törvényének demonstrációs lehetőségei

a) Erőmérők

A kísérlet célja

Egyszerű kísérlet Newton III. törvényének szemléltetésére.

Szükséges anyagok, eszközök

- 2 db rugós erőmérő

Leírás

Két rugós erőmérőt akasszunk össze, majd fektessük őket sík felületre, egyvonalban egymással. Először tartsuk rögzítve az egyiket és húzással fejtsünk ki egyre nagyobb erőt a második erőmérőre! Mindkét erőmérő egyforma értéket mutat. Ezt követően húzzuk (ellentétes irányba) mindkét erőmérőt egyre nagyobb erővel! Megfigyelhetjük, hogy az erőmérők most is egyforma értéket mutatnak.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Gyűjtsünk össze 1-2 jelenséget, vagy technikai alkalmazást, melyek a hatás-ellenhatás törvényén alapulnak.

Módszertani kiegészítések

- A hatás-ellenhatás törvényének látványosabb demonstrálására további ötleteket meríthetünk az ESA által összeállított videóból:

- A törvény „bulisabb” demonstrációját jelenti, ha a gyerekek gördeszkán, jégpályán, vagy akár biliárdasztalon kísérleteznek. Mindenképpen javasoljuk ilyen jellegű tevékenység szervezését ehhez a törvényhez kapcsolódóan.

b) Lufis jármű

Leírás

Működtessen felfújt lufival működő járművet! Magyarázza meg a működését!

c) Szétlökődő kiskocsik

A kísérlet célja

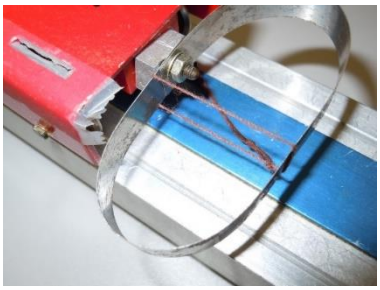
Egyszerű kísérlet Newton III. törvényének szemléltetésére

Szükséges anyagok, eszközök

- 2 db kiskocsi, (sín)
- fonál
- laprugó
- gyufa vagy gázgyújtó

Leírás

Rögzítsük az egyik kiskocsira a kör alakban meghajlított laprugót, majd fonálhurok segítségével nyomjuk össze a rugót. Állítsunk mellé egy másik, ugyanekkora tömegű kiskocsit. Elégetve a fonalat, mindkét kiskocsi egyforma mértékben lökődik szét.



Ha változtatjuk az egyik kiskocsi tömegét, akkor is azt tapasztalhatjuk, hogy mindkét kocsi ellökődik, azonban a nagyobb kocsi kevésbé.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Milyen tulajdonságokkal bír az erő és az ellenerő?
- Hogyan értelmezhető a „szétlökődő kiskocsik” kísérlet a hatás-ellenhatás és hogyan a lendületmegmaradás-törvénye alapján?

Módszertani kiegészítések

- Érdemes a kísérlethez kapcsolódóan „vicces” és/de szemléletes videókat bemutatni: Hölgyeim és Uraim, Newton III. törvénye…

8. Súly és súlytalanság

a) Testek tömegének és súlyának mérése

A kísérlet célja

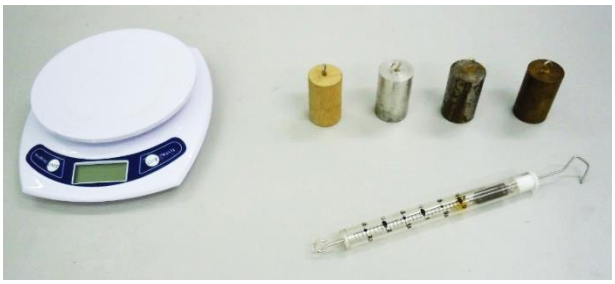
Annak bemutatása, hogy nyugalomban a test súlya egyenesen arányos a test tömegével.

Szükséges anyagok, eszközök

- egyforma méretű ismert tömegű fa, alumínium, vas és réz test
- rugós erőmérő
- mérleg

Leírás

Mérjük meg mérleggel a különböző anyagból készült, egyforma méretű testek tömegét, erőmérővel pedig a súlyukat! A mért adatokat táblázatba foglalva állapítsuk meg a kettő közti összefüggést!



Módszertani kiegészítések

- Az itt leírt kísérlet több csúsztatást is tartalmaz, amelyekre előbb-utóbb fel kell hívni a diákok figyelmét. A mérleg ugyanis súlyt mér, ahogy az a 5.14/c kísérletből kitűnik. Itt lehet mesélni a tehetetlen és súlyos tömegről, valamint arról, hogy mennyiben lenne más a világunk, ha a kettő nem egyezne meg (vagy más mértékrendszer esetén nem lenne arányos egymással).
- Érdemes tisztázni a nehézségi erő és a súly fogalmak közötti különbséget.

b) A súly változtathatósága

A kísérlet célja

Annak bemutatása, hogy a súly nem a test anyagi jellemzője, függ a „körülményektől” is.

Szükséges anyagok, eszközök

- test, amely az erőmérőre akasztható
- rugós erőmérő

Leírás

Akasszunk egy testet az erőmérőre, majd olvassuk le az erőmérő által mutatott értéket nyugvó állapotban! Gyorsítva emeljük fel, majd süllyesszük a testet az erőmérőnél fogva, és figyeljük közben az erőmérő mutatójának elmozdulását!

Módszertani kiegészítések

- A kísérlethez érdemes feladatot kapcsolni, különösen matematikából jó csoportnak. Kiszámolhatjuk például a test gyorsulását a gyorsítás közben leolvasott erő-értékből.
- A hétköznapi szóhasználatban gyakran felcserélődik a súly és a tömeg kifejezés. Beszéljük meg hol találkozhatunk ilyennel és soroljuk fel a lényeges különbségeket a súly és a tömeg között!

c) Mérlegen állva liftben

A kísérlet célja

Annak bemutatása, hogy a súly nem a test anyagi jellemzője, függ a „körülményektől” is.

Szükséges anyagok, eszközök

- szobamérleg
- lift

Leírás

Liftben szobamérlegre állva jegyezzük fel a mérleg által mutatott értéket, amikor a lift

a) nyugalomban van

b) felfelé indul

c) felfelé egyenletesen halad

d) fékez felfelé

e) elindul lefelé

f) lefelé egyenletesen halad

g) fékez lefelé!

Magyarázzuk meg, miért mutat a mérleg a nyugalmi helyzetben mérttől eltérő értéket bizonyos esetekben.

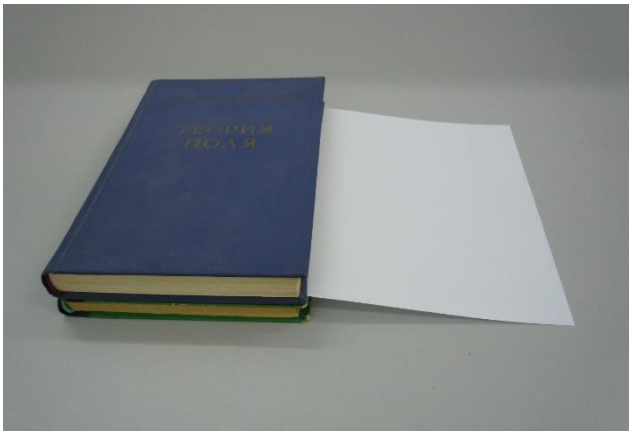
Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Mennyit mutatna a mérleg, ha a lift kábele elszakadna, és a lifttel együtt szabadon esnénk?

Módszertani kiegészítések

- A kísérlethez érdemes feladatot kapcsolni, különösen matekból jó csoportnak. Kiszámolhatjuk például a lift gyorsulását a lift indulásakor/megállásakor leolvasott erő-értékből. Illetve viccesebbé téve: ha azt szeretnénk, hogy a mérleg 5 kg-mal kevesebbet mutasson, mit kell tennünk?
- Beszéljük meg mit jelent a súlytalanság! Miért vannak az űrhajósok a súlytalanság állapotában?

d) Könyvek között papírlap



Leírás

Két nehéz könyv közé fektessen papírlapot úgy, hogy kilógjon kissé! Próbálja meg kihúzni a lapot a könyvek közül, figyelje meg, hogy ehhez mekkora erőre van szükség!

Helyezze vissza a papírlapot a könyvek közé, kilógó végét fogja két ujja közé, a könyveket pedig ejtse le! Figyelje meg, hogy különösebb erőkifejtés nélkül kihúzható a papírlap! Magyarázza meg a jelenséget!

Elméleti és módszertani kérdések

- A hétköznapi szóhasználatban gyakran felcserélődik a súly és a tömeg kifejezés. Soroljon fel ilyen példákat! Mik a lényeges különbségek a súly és a tömeg között?
- Mi a különbség a nehézségi erő és a súly között?
- Miért vannak az űrhajósok az súlytalanság állapotában?
- Hogyan lehet előidézni tanórai körülmények között, hogy egy tárgy (bizonyos ideig) a súlytalanság állapotában legyen?

9. Súrlódásos kísérletek

a) A súrlódási erő létének szemléltetése

A kísérlet célja

A tapadási és súrlódási erő létére utaló kísérletek.

Szükséges anyagok, eszközök

- könyv
- fahasáb (egyik oldala filces), benne kampó
- rugós erőmérő

Leírás

Végezzük el az alábbi kísérleteket:

- Lökjünk meg könyvet/fahasábot az asztalon! A hasáb/könyv egy idő után megáll. Newton I. és II. törvénye értelmében ez csak akkor lehetséges, ha valamilyen erő hat a testre mozgás közben, ez a csúszási súrlódási erő.
- Húzzunk egyre nagyobb erővel könyvet/fahasábot az asztalon rugós erőmérő segítségével. A könyv/fahasáb kis erő esetén nyugalomban marad, ám egy adott húzóerő hatására már megmozdul. Newton I. és II. törvénye értelmében a könyv/fahasáb kis erő esetén csak akkor maradhat nyugalomban, ha a rugón kívül még valamilyen erő hat a testre, ez a tapadási súrlódási erő. A kísérlet alapján a tapadási súrlódási erőnek maximuma van.
- Húzzunk állandó sebességgel egy könyvet/fahasábot az asztalon erőmérő segítségével! A könyv/fahasáb egyenletes mozgatásához erő szükséges. Newton I. és II. törvénye értelmében ez csak akkor lehetséges, ha a rugón kívül valamilyen másik erő is hat a testre mozgás közben, amely a rugóerővel ellentétes és azonos nagyságú. Ez a csúszási súrlódási erő.

Módszertani kiegészítések

- Beszélgessünk arról, hogy milyen lenne a világ, ha nem lenne súrlódási erő. Hogyan jutnánk el az iskolába?
- Soroljanak fel 5-5 példát a diákok az alábbiakra:
    - mikor hasznos, mikor káros a súrlódás;
    - mikor segíti, mikor akadályozza a súrlódás egy test mozgását!

b) A tapadási és a csúszási súrlódási erőt befolyásoló tényezők vizsgálata

A kísérlet célja

A tapadási és csúszási súrlódási erő nagyságát befolyásoló tényezők vizsgálata.

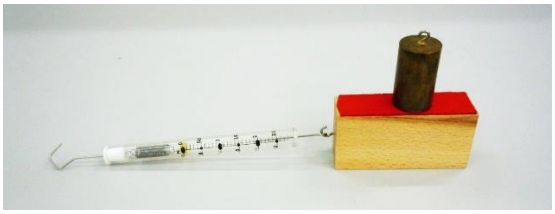
Szükséges anyagok, eszközök

- Fahasáb, amelynek egyik oldala filces, kampóval
- rugós erőmérő
- vashenger nehezéknek

Leírás és feladatok

- Húzzunk fahasábot erőmérő segítségével az alábbi paraméterek szerint és olvassuk le az erőmérő által mutatott értéket a jelzett pillanatban. A mérési adatok alapján fogalmazzuk meg, milyen tényezőktől függ a tapadási és a csúszási súrlódási erő nagysága!

Terhelés van/nincs	**Vizsgált pillanat**	**Hasáb oldala**	**Mért erő**
nincs	Megmozdítás	Sima	
van	Megmozdítás	Sima	
van	Megmozdítás	Filces	
nincs	egyenletes húzás	Sima	
van	egyenletes húzás	Sima	
van	egyenletes húzás	Filces	



- Tegyünk terhelést a sima oldalára fordított hasábra. Húzzuk egyre nagyobb erővel, amíg meg nem mozdul, majd mozgassuk egyenletesen a hasábot. Mit tapasztalunk az erőmérő által mutatott értékekkel kapcsolatosan? Mit állíthatunk azonos körülmények esetén a tapadási és a csúszási súrlódási erőről (együtthatóról)?

Módszertani kiegészítések

- A súrlódás témakörében egyrészt nehéz megérteni azt, hogy a tapadási súrlódási erőre nincs erőtörvény, csak a „körülményekből” tudom megmondani, hogy mekkora. Ezért a fogalom elsajátításáig nem érdemes a tapadási súrlódási erő maximumára felírni az erőtörvényt. Másrészt a súrlódási erő a nyomóerőtől függ. A nyomóerőt azonban sok diák a nehézségi erővel azonosítja, illetve lejtő esetén az „$mg\cos\alpha$”-val. Ezért mindenképpen mutassunk olyan kísérletet, vagy feladatot, ahol a nyomóerő nem ezek egyike.
  Ennek demonstrálására elvégezhetjük a következő kísérletet: Két nehéz könyv közé helyezve egy papírlapot, a lapot nehéz kihúzni. Ha azonban a könyveket leejtjük, a lapot könnyű kihúzni.
  Feladatként megnézhetjük, hogy mekkora erővel lehet kihúzni a satuból egy fadarabot, ha a satu a fát 100 N erővel nyomja, és a súrlódási együttható 0,2.
- Soroljanak fel a diákok 5-5 példát arra, milyen esetekben és hogyan tudjuk szándékosan növelni, illetve csökkenteni a súrlódási erő nagyságát!

c) Csúszási és tapadási súrlódási együttható mérése lejtőn

A kísérlet célja

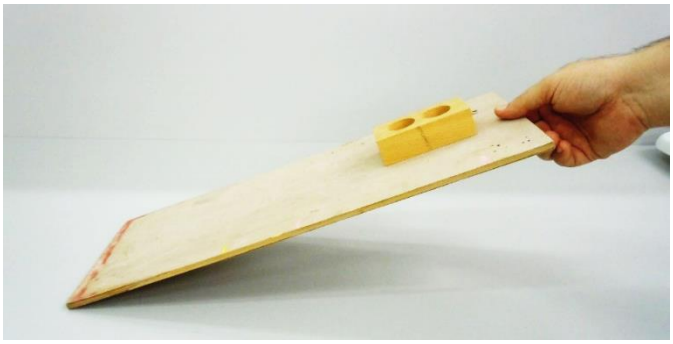
A tapadási és súrlódási együttható kimérése.

Szükséges anyagok, eszközök

- fahasáb (egyik oldala filces), benne kampó
- deszka, mint lejtő
- szögmérő, vagy vonalzó

Leírás

Tapadási súrlódási együttható mérése



Helyezzünk egy fahasábot egy deszkára, mint lejtőre! Folyamatosan növelve a lejtő hajlásszögét, keressük meg azt a szöget, amikor a fahasáb éppen megindul a lejtő mentén. Ebből a hajlásszög értékből a fahasáb és a lejtő közti tapadási súrlódási együttható értéke számítható.

Csúszási súrlódási együttható mérése

Helyezzünk egy fahasábot deszkára, mint lejtőre! Folyamatosan növelve a lejtő hajlásszögét, keressük meg azt a pontot, amikor a fahasáb éppen megindul a lejtő mentén, ekkor csökkentsük a lejtő hajlásszögét úgy, hogy a hasáb egyenletesen csússzon lefelé. Ebből a hajlásszög értékből a fahasáb és a lejtő közti csúszási súrlódási együttható értéke kiszámítható. (Megtalálhatjuk ezt a hajlásszöget úgy is, ha a lejtő emelése közben időről időre oldalirányban elmozdítjuk a hasábot, míg le nem csúszik egyenletesen a lejtőn.)

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Hogyan számíthatók ki a kísérlet alapján a csúszási és a tapadási súrlódási együtthatók?
- A c) kísérlet eredménye hogyan utal a csúszási és a tapadási súrlódási együtthatók relációjára (azonos körülmények között)?
- Mekkora a tapadási súrlódási erő a megmozdulás előtti pillanatban? (Azaz mekkora a tapadási súrlódási erő maximális értéke?)
- Milyen mozgást végez egy test, ha akkora erővel hatunk rá, hogy éppen megmozduljon, majd továbbra is ekkora erőt fejtünk ki rá? Miért?