**A 2018/2019. tanévi**

**Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny**

**Döntő forduló**

**Fizika I. kategória**

**Feladatok**

**„És mégis forog a Föld”**

**Motiváció:**

2019-ben ünnepeljük Eötvös Loránd halálának 100. évfordulóját. A mérési feladat az évfordulóhoz kötődik.

Napjainkban mindenki számára evidenciának tűnik, hogy a Föld forog a tengelye körül. Ez azonban egyáltalán nem volt mindig így. Elvben elképzelhető lenne, hogy ahogy azt mi „látjuk”, a Nap és a csillagok forognak a Föld körül. Ezért felmerül a kérdés, hogy honnan tudjuk, hogy forog a Föld. Ha nagyon pontosan akarunk fogalmazni, akkor az igazából mindegy, hogy mi forog mihez képest, a megfigyelt jelenségek mindkét „megközelítéssel” elvben leírhatók lennének.

Akkor miről is van itt szó? A választ Newton törvényei adják. A Newton törvények csak speciálisan választott koordinátarendszerekben, úgynevezett inerciarendszerekben érvényesek. Az inerciarendszer egy olyan koordináta rendszer, amiben egy magára hagyott (más testekkel kölcsönhatásban nem levő) test egyenesvonalú egyenletes mozgást végez. Az ilyen koordináta rendszerben érvényes az $F=ma$, Newton II. törvénye, és persze a hatás ellenhatás törvénye is. Ennek megfelelően kísérletileg eldönthető, hogy egy koordináta rendszer inerciarendszer-e vagy sem.

Mi történik, ha nem inerciarendszerben vagyunk? Belátható, hogy az $F=ma$ törvény ekkor is formálisan fenntartható, csak úgynevezett tehetetlenségi erőket kell bevezetni. A forgó Földön két ilyen tehetetlenségi erő lép fel. Az egyik az ún. centrifugális erő, amely arányos a kérdéses pontnak a Föld forgástengelyétől mért távolságával, a forgási szögsebesség négyzetével és a vizsgált test tömegével. Ezért a forgó Földön egy test „súlya” egyrészt a Föld gravitációs vonzó erejéből, másrészt a centrifugális erőből adódik össze.

Ha a forgó Földön egy test mozog is, akkor még egy tehetetlenségi erőt, az ún. Coriolis-erőt is fel kell venni ahhoz, hogy az $F=ma$ érvényben maradjon. A Coriolis-erő nagysága
$F\_{c}=2m∙v∙ω∙\sin(α)$*,* ahol $m$a tehetetlen tömeg, $v$a test sebessége, $ω$a Föld szögsebessége, és *α* a sebesség és szögsebesség vektorok közötti szög. A Coriolis-erő merőleges a sebesség és szögsebesség vektorok által meghatározott síkra.

Az első direkt kísérleti bizonyíték a Föld forgására Foucault híres ingakísérlete volt 1851-ben. Ez úgy „működik”, hogy a lengő ingára a forgó Földön a fentiekben leírt Coriolis-erő is hat a súlyerőn és a kötélerőn kívül. A Coriolis-erő hatására az inga lengési síkja lassan elfordul. Ezt az elfordulást mutatta ki Foucault. Ha tehát a Föld nem forogna, így inerciarendszer lenne, az inga síkja nem fordulna el. A kísérletnek van azonban egy nagy hátránya, ugyanis a szögelfordulás sebessége igen kicsi, Magyarországon 11 fok/óra. Így tehát ahhoz, hogy valamit lássunk, viszonylag sokáig kell várni. Ezt a „hátrányt” küszöböli ki az Eötvös által javasolt ún. Eötvös-mérleg, amellyel a Coriolis-erő hatása egy rezonancia jelenség révén sokkal gyorsabban is kimutatható. A mérési feladat egy némiképpen átalakított Eötvös mérlegen történik.

**A mérőberendezés leírása:**

A mérőberendezés egy rúd két végén elhelyezett két nagyobb tömegből áll, amely két tűcsapágyon billegni tud (továbbiakban „mérlegkarok”). A berendezés oldalán elhelyezett motorral a tűcsapágyak alsó támasztéka forgatható. A motor fordulatszáma a berendezéshez kapcsolódó elektronikával szabályozható egy potenciométer elforgatásával. Az aktuális fordulatszám a kijelzőn megjelenik. A motor elindítása, ill. megállítása a kék nyomógomb megnyomásával történik. Az álló motor elindításakor a motor lassan veszi fel a potenciométerrel beállított értéket, mivel különben a tűcsapágyak kiugornának a helyükből. Ezért indítás után meg kell várni, amíg a kijelzőn a fordulatszám „megáll”. A forgatás hatására a „mérleg” lengésbe kezd. A lengés egy, a mérlegre középen elhelyezett tükrön visszaverődő ernyőn felfogott lézernyaláb elmozdulásával vizsgálható. A könnyebb leolvashatóság érdekében az ernyő skálával ellátott, koncentrikus köröket tartalmaz. A berendezés fölött elhelyezett lézer az elektronikán levő fekete nyomógombbal kapcsolható be és ki. A pontos méréshez a lézernyalábnak a berendezés forgástengelyébe kell esnie. Ez a mérés megkezdése előtt be van állítva, ezért ne mozgassa el sem a berendezést, sem a lézert tartó állványt!

A lengő hengerek mellett elhelyeztünk egy-egy erős mágnest. A mágneseknek a hengerektől való távolsága két határ (11 mm és 8 mm) között változtatható. A tűcsapágyak végpontjának a mérlegkarok súlypontjától való távolsága is változtatható. Ehhez a mérlegkar leemelése után a csapágyakat óvatosan ki kell csavarni és kicserélni az előre elkészített távtartó gyűrűket. Három gyűrűpár áll rendelkezésre. Ezek $s=2,35, 2,76$, és$3,26$mm-es súlypont forgástengely távolságokat állítanak be. Az induláskor a $2,76$mm-es van beszerelve.

**Figyelmeztetés:**

Bármilyen esetleges probléma esetén forduljon a jelenlevő tanárokhoz!

**Mérési feladatok:**

**1. A rendszer csillapodásának meghatározása**

A forgatás nélküli esetben a mérlegkar csillapodó rezgőmozgást végez. Az *n*-ik rezgés $A\_{n}$maximális kitérése az

$$A\_{n}=A\_{0}e^{-nβT}$$

képlettel adható meg, ahol $A\_{0}$ a nulladik rezgés amplitúdója, *T* a rezgés periódus ideje, β a csillapítási tényező és $e=2,718…$*.* az Euler-féle szám.

A fenti képlet felhasználásával javasoljon módszert és mérje meg a rendszer β csillapítását! A mérést végezze el $11$és $8$mm*-*es mágnes távolságnál! Adjon magyarázatot arra, hogy mi okozza a csillapítás eltérő értékét a két esetben!

(5 pont)

**2. A rezonanciagörbe meghatározása**

A forgatás hatására a mérlegkar lengésbe jön. A bevezetőben leírtak felhasználásával adjon kvalitatív magyarázatot erre!

(5 pont)

**3. A rezonanciagörbe meghatározása**

A lengés amplitúdója függ a forgatás frekvenciájától. $11$ mm*-*es mágnestávolság és $s=2,76$mm mellett vegye fel a rezgés amplitúdójának a forgatási szögsebességtől való függését! A mérést a következőképpen végezze: Forgatás közben a lengés hatására az ernyőn egy olyan kettős kör jelenik meg, amely egy ponton összeér. A rezgés amplitúdójának növekedésével a kisebb kör átmérője nő. A forgatási szögsebességet lassan változtatva keresse meg a legnagyobb amplitúdóhoz tartozó forgatási sebességet! Figyeljen rá, hogy az állandó amplitúdó kialakulásához akár 1 perc is szükséges! Ekkor még nem szükséges a pontos frekvencia meghatározása, ez a mérés tájékoztató jellegű. Ezután a rezonanciagörbe felvételét úgy végezze, hogy az előző frekvencia körül pozitív és negatív irányban 10 fordulat/perc egységekben 5-5 pontban állítsa be a forgatási frekvenciát! Várja meg, amíg beáll az egyensúlyi állapot, majd a kék gomb benyomásával állítsa le a forgatást és az ernyőn gyorsan olvassa le a rezgés amplitúdóját!

A kapott amplitúdó-frekvencia összefüggést ábrázolja grafikusan és állapítsa meg a rezonanciafrekvenciát!

(8 pont)

**4. A csillapítás hatása**

A mérést ismételje meg$8$mm-es mágnestávolságnál! Értelmezze mit tapasztalt!

(10 pont)

**5. A súlypont távolság hatása**

11 mm-es mágnes távolságnál az$s=2,36$ és $3,26$ mm-es esetre is ismételje meg a mérést. Ehhez szerelje be a megfelelő távtartókat. Itt elegendő már csak $2×3$ pontban mérni a rezonanciafrekvencia megkeresése után. Állapítsa meg, hogyan függ a rezonanciafrekvencia $s$-től!

(12 pont)

*A mérés elvégzéséhez 4 óra áll rendelkezésre. A feladatok megoldásához számítógép és telekommunikációs eszköz kivételével bármilyen segédeszköz használható. Ha valamelyik eszközzel problémája van, forduljon a felügyelő tanárhoz.*

**EREDMÉNYES VERSENYZÉST KÍVÁNUNK!**