



A 2016/2017. tanévi
Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
döntő forduló

FIZIKA I. KATEGÓRIA

FELADATOK

„Bimetal motor tulajdonságainak vizsgálata”

A mérőberendezés leírása:

A vizsgálandó motor egy könnyen forgó csapággal ellátott hengerből sugár irányban kiálló 12 vékony réz és acél lemezből összeragasztott bimetal lemezből áll. A kerék felső felét egy változtatható teljesítményű hőszugárázóval fűtjük. A teljesítmény szabályozására a szabályozó elektronika előlapján található potenciométer szolgál, amelynek elforgatásával az elfordulási szög arányosan a teljesítmény 0 és 1.8kW között változtatható. A fűtés bekapcsolása után a kerék forgásba jön. Ugyanakkor a kerék jobb oldalán elhelyezett karral a kerék helyzete rögzíthető.

A kerékre külső forgatónyomatékot adhatunk a tengellyel összekötött 1cm sugarú hengerre felcsavar cénára akasztott súlyokkal. A kívánt forgatónyomatékot megfelelő mennyiségű, 4 különböző méretű anyacsavarnak a céna végére akasztott könnyű tartóba való elhelyezésével érhetjük el. Az anyacsavarok tömegei a következők: M4: 0,69g, M5: 1,05g, M6: 2,0g, M12: 14,8g.

A méréshez rendelkezésre áll 1 db stopperóra.

Figyelmeztetés:

A fűtéshez használt hőszugárázó meleg. A kör elhelyezett hőszigetelés biztosítja, hogy ne tudjuk megégetni magunkat. Ugyanakkor semmiképpen ne nyúljunk a berendezés belsejébe! Erre a mérések elvégzéséhez nincs szükség. Bármilyen esetleges probléma esetén forduljunk a jelenlevő tanárokhoz!

Mérési feladatok:

1. A rendszer tehetetlenségi nyomatékának meghatározása.

A rendszert ne fűtsük be! Egy megfelelő súly ráakasztásával (kb. 5g) 5 pontban mérjük meg az adott elforduláshoz tartozó időt! Minden mérés állóhelyzetből indítsunk! A szöveget a lapátok segítségével mérjük, egész lapátnyi elfordulás alapján. A mérésekből készített megfelelő grafikon alapján határozzuk meg a kerék tehetetlenségi nyomatékát! Megjegyezzük, hogy a csapággy és az alátámasztás közötti súrlódás elhanyagolható.

2. Súlypont eltolódás dinamikus meghatározása

4 különböző fűtőteljesítmény mellett mérjük meg az induló gyorsulást az 1 lapátnyi elforduláshoz tartozó idő megméréseivel! Mindig álló helyzetből indítsuk a mérést és várjuk meg amíg a hőmérséklet beáll! Ez kb. 5 perc. Minden mérést többször ismételjük meg! Ebből az előző mérési eredmény felhasználásával határozzuk meg a rendszer vízszintes irányú súlyponteltolódásának mértékét! Az eredmény ábrázoljuk grafikusán! A forgórész tömege 155 g.

10 pont

3. Súlypont eltolódás statikus meghatározása

Az előző mérésnél használt fűtőteljesítmények mellett mérjük meg, hogy mekkora súllyal tudjuk egyensúlyban tartani a rendszert! Itt is határozzuk meg a rendszer vízszintes irányú súlyponteltolódásának mértékét. Az eredményeket hasonlítsuk össze az előző mérés eredményeivel.

10 pont

4. Állandósult forgási sebesség meghatározása

Mérjük meg, hogy hogyan függ az állandósult forgási sebesség a fűtési teljesítménytől. Készítsünk grafikont!

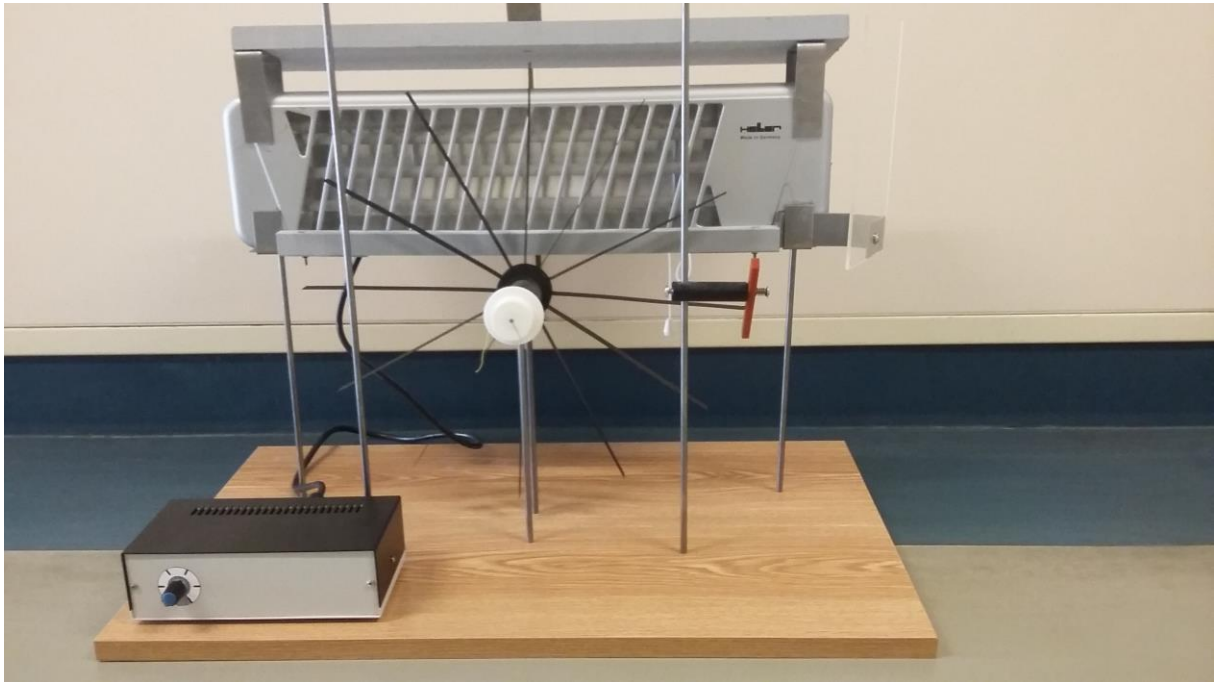
10 pont

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.

Jó munkát!

Megoldás és pontozás

A méréshez rendelkezésre álló berendezés az alábbi fényképen látható:



1. ábra. A mérőberendezés fényképe.

1. feladat

A r sugarú tengelyre akasztott m tömeg esetén a rendszer mozgásegyenlete a következőképpen adható meg: a bimetál kerék esetében a forgómozgás alapegyenletéből

$$\Theta\beta = rK$$

a ráakasztott tömegre pedig

$$mr\beta = mg - K$$

ahol β a henger szöggyorsulása, Θ a kerék tehetetlenségi nyomatéka, K a kötélen fellépő erő, g pedig a nehézségi gyorsulás. A képletben már felhasználtuk, hogy a ráakasztott test gyorsulása $a=r\beta$. A két egyenletből K -t kiküszöbölve adódik, hogy

$$\beta = \frac{mgr}{\Theta + mr^2}$$

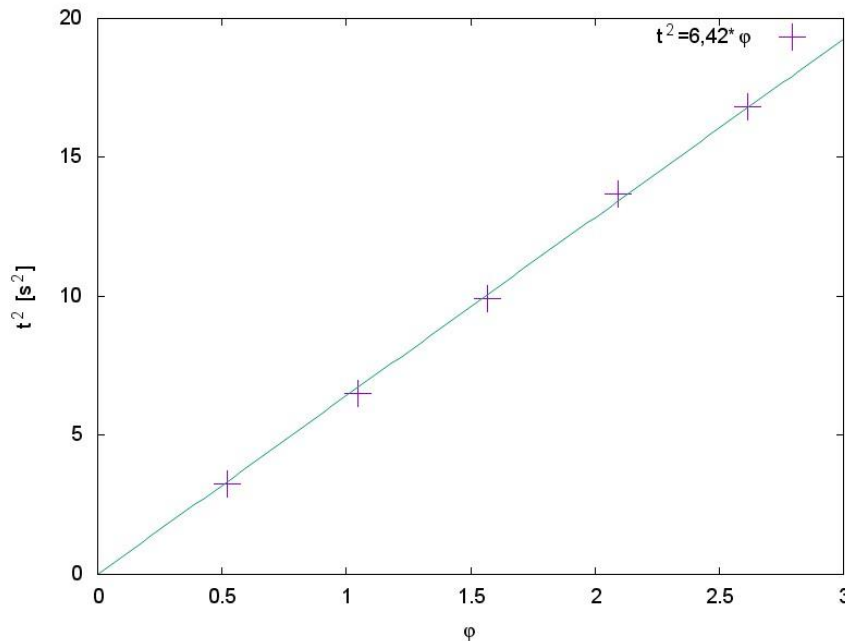
Amint az a később kiszámolt konkrét adatok behelyettesítése után látható a kerék Θ tehetetlenségi nyomatéka sokkal nagyobb mint mr^2 , így jó közelítéssel

$$\beta = \frac{mgr}{\Theta}$$

Látható, tehát, hogy a kerék állandó szöggyorsulással forog. Ezért a t idő alatti elfordulási szög

$$\varphi = \frac{1}{2}\beta t^2 = \frac{1}{2}\frac{mgr}{\theta}t^2$$

Tehát a t^2 -elfordulási szög reláció egy egyenes kell legyen. Az egyenes meredekségéből pedig a kerék tehetetlenségi nyomatéka a ráakasztott tömeg ismeretében meghatározható. 6 g súly alkalmazása mellett kapott görbe az 1.-es ábrán látható.



1.ábra. A mért elfordulási szög t^2 összefüggés

Az adatok behelyettesítése után

$$\theta = 1,8810^{-3}kgm^2$$

adódik.

Az elmélet helyes levezetése 3pont

A mérés helyes elvégzése 4 pont

A megfelelő ábra elkészítése 2 pont

A tehetetlenségi nyomaték kiszámítása 1 pont

2. feladat

Az eszköz úgy van megépítve, hogy a fűtőtest csak a kerék felső felét fűti. A fűtés következtében a kerék felső felén levő bimetál szalagok elgörbülnek. Ezért a kerék súlypontja eltolódik. Ha a kerék rögzítését megszüntetjük a súlyponteltolódás következtében a kerék forgásba jön. Az induló β szöggyorsulásra felírhatjuk, hogy

$$Mgs = \theta\beta$$

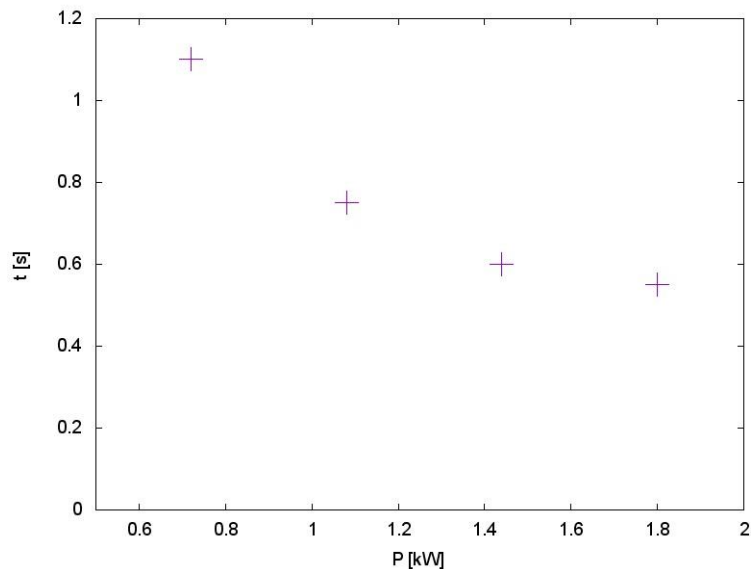
ahol M a kerék tömege s pedig a súlypont vízszintes eltolódása. Kis szögelfordulás esetén

$$Mgs = \theta\beta = 2\theta \frac{\varphi}{t^2}$$

ahol t a φ szögű elforduláshoz tartozó idő. Az elfordulást legegyszerűbb két bimetál lapát elfordulásának venni (az ebből adódó problémát a 3. feladat során elemezzük). Mivel a kerékben 12 bimetál lapát van

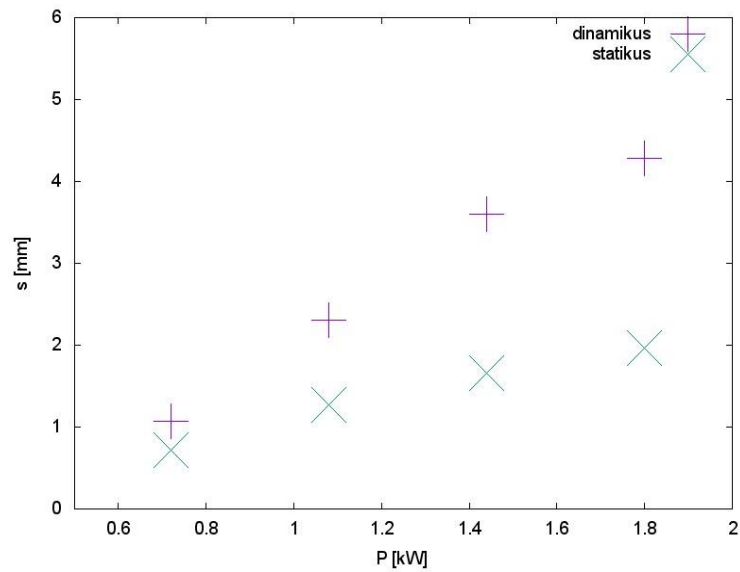
$$Mgs = \theta \frac{\pi}{3t^2}$$

A fűtőteljesítmény függvényében mért elfordulási idők a 2. ábrán láthatók.



2. ábra. 30° -os (1 lapátnyi) elfordulási szöghöz tartozó idők a fűtőteljesítmény függvényében.

A fenti képlet alapján számított súlypont eltolódás a fűtőteljesítmény függvényében a 3. ábrán látható (+ jelek).



3. ábra. A Dinamikus és statikus méréssel kapott súlyponteltolódási adatok a fűtőteljesítmény függvényében.

A helyes elmélet kidolgozása 4 pont

A mérések helyes elvégzése 4 pont

A megfelelő ábrák elkészítése 2 pont

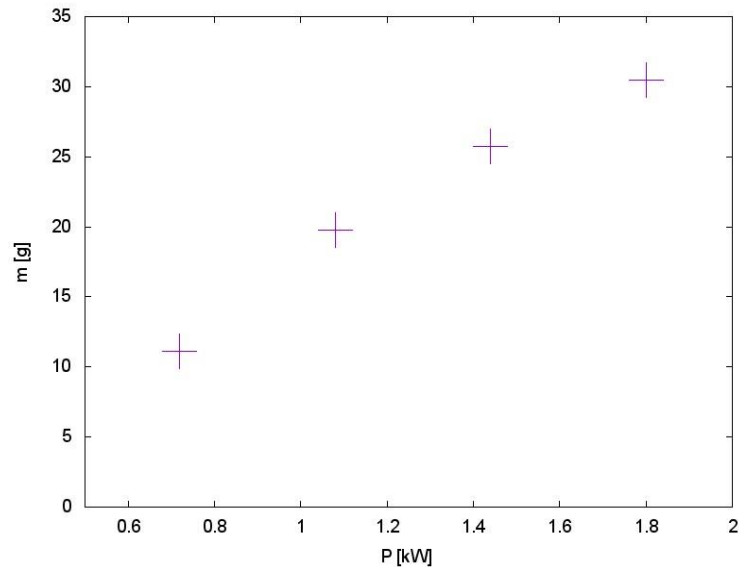
3. feladat

Statikus esetben a hengerre akasztott súly forgatónyomatéka meg kell egyezzen a kerék súlyponteltolódásból adódó forgatónyomatékkal azaz

$$Mgs = mgr$$

ahol m a hengerre csavar fonálra akasztott tömeg.

Az egyensúly eléréséhez szükséges tömeg a fűtőtéljesítmény függvényében a 4. ábrán látható.



4. ábra. Az egyensúly eléréséhez szükséges tömegek a fűtőtéljesítmény függvényében.

A fenti képlet alapján kiszámított súlyponteltolódási adatok a 3. ábrán láthatók (X jelek). Megállapítható, hogy a „dinamikus” méréssel kapott súlyponteltolódási adatok kb. kétszer akkorák mint a „statikus” mérés eredményei. Ennek oka abban keresendő, hogy a melegítés hatására a súlypont függőleges irányban is jelentősen eltolódik. Ez ugyan az induló szöggyorsulást nem befolyásolja, de a mérésnél használt 30° -os elfordulásnál már jelentős hibát okozhat, hiszen az elfordulás közben a súlypont vízszintes irányú komponense jelentősen megnőhet. Ezzel a szöggyorsulás folyamatosan nő az elfordulással. Természetesen a jelenség a statikus mérésnél nem jelenik meg.

Az elmélet helyes kidolgozása 3 pont

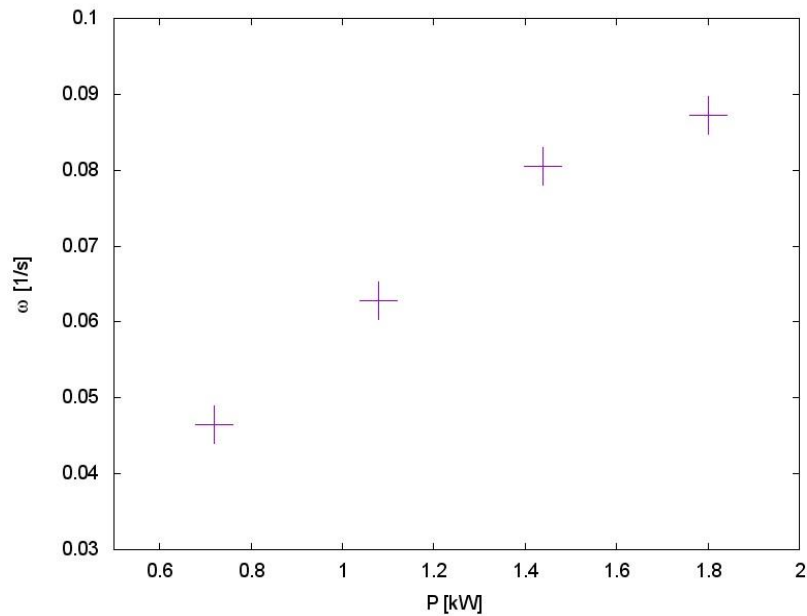
A mérés helyes elvégzése 4 pont

A megfelelő ábra elkészítése 2 pont

Az eltérés megmagyarázása 1 pont

4. feladat

A véges sebességű hőfelvétel és hőleadás következtében adott fűtőteljesítmény mellett rövid időn belül egy állandó forgási sebesség áll be. A teljesítmény függvényében egy fordulathoz tartozó idő mérésével meghatározott szögsebesség adatok a 4. ábrán láthatók.



5. ábra. Az állandósult szögsebesség a fűtési teljesítmény függvényében.

Látható, hogy a teljesítmény növelésével a szögsebesség telítődést mutat. Ez azzal magyarázható, hogy a hőmérséklet emelkedésével a kerék alsó része nehezebben tud lehűlni.

A mérés helyes elvégzése 8 pont

A helyes ábra elkészítése 2 pont