

Az egyszerű gépek és hőerőgépek, a teljesítmény és a hatásfok tanítása a 7. osztályban

E témakörben az erőhatás irányának és nagyságának megváltoztatására szolgáló gépeket, valamint az energiaátalakítást biztosító erőgépeket tárgyaljuk. Ezekhez kapcsolódóan kerül sor a teljesítmény és a hatásfok megismerésére, kiszámítására.

A témakör feldolgozása közben is hasznosítanunk kell a belső koncentrációs lehetőségeket (az erőhatásról, az erőről, az energiáról, energiaváltozásról tanultakat), a fizikafeladatok megoldásával kapcsolatos tapasztalatokat, építenünk kell az összefüggések felismerésében, a számításos feladatok megoldásában a tanulók matematikai előismereteire. Hasznosítani lehet a tanulók egyszerű gépekkel, hőerőgépekkel kapcsolatos technikai előismereteit is.

A feldolgozásban az egyes eszközök, gépek működésének fizikai alapját, és ezen belül is az energia szemszögéből történő vizsgálatát állítjuk a középpontba. Ebből adódik, hogy az emelő típusú egyszerű gépek közül részletesen csak az emelőkkal, a lejtő típusúak közül pedig a lejtővel foglalkozunk. (A csiga, a hengerkerék, illetve az ék és a csavar kiegészítő anyag, részletesebb feldolgozásuk a technika tantárgy feladata.) Az emelő vizsgálatok a kölcsönhatások elemzéséből kiindulva megismertetjük a tanulókkal a forgatónyomaték fogalmát és számítmódját. Az egyensúly feltételeként a forgatónyomatékok egyenlőségét tanítjuk. A kölcsönhatásokat, a nyugalom vagy egyenletes mozgás feltételét vizsgálhatjuk a lejtőnél is. Kísérlettel állapítatjuk meg, hogy a lejtőn egyensúlyban levő test kölcsönhatásban van a gravitációs mezővel, a lejtővel, és ezek együttes hatását egyenlíti ki a lejtő síkjával párhuzamosan felfele mutató erőhatás.

Az egyszerű gépek energetikai vizsgálatához kapcsolódik az energiamegmaradás felismertetése. Emelőn és lejtőn végzett mérőkísérletek elemzésekor jutunk el azon megállapításig, hogy az energiamegmaradás törvénye igaz az egyszerű gépekkel létrehozott változásokra is. A vizsgálat elején tisztázzuk, hogy az egyszerű gépekkel egy-egy adott munkát – pl.: valamely test felemelését – kell elvégezni. Emelési munka esetén pl.: a tehererő oldalán a munkavégzés olyan nagyságú, mintha egyszerű gép nélkül emeltük volna fel a testet. A kísérletek elvégzésével, a teheroldali, illetve az erőoldali munkák kiszámításával beláttatható, hogy a tehernek az egyszerű gépekkel való felemeléskor bekövetkező energianövekedés minden esetben egyenlő az emelés végző test (személy) energiájának csökkenésével: $\Delta E_1 = \Delta E_2$, illetve $W_1 = -W_2$. Az $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$ szorzatok egyenlőségéből leolvastatható az erő és az elmozdulás fordított aránya, az egyszerű gépek alkalmazásának előnye.

Mind a hatásfok, mind a teljesítmény fogalmának kialakításakor figyelembe vesszük, hogy a 7. osztályos tanulók az energiaváltozás két folyamatát ismerik: a munkavégzést és a termikus kölcsönhatást. Felismertetjük, hogy a termelőtevékenység akkor lenne a legkedvezőbb hatásfokú, ha a ΔE befektetett energiával a ΔE_h hasznos energiaváltozás egyenlő lenne. A gyakorlati élet tapasztalatai szerint azonban akár a munkavégzés, akár a termikus kölcsönhatás folyamatában „fektetünk is be” ΔE energiát, az elért ΔE_h hasznos energiaváltozás ennél kisebb lesz, vagyis $\frac{\Delta E_h}{\Delta E} < 1$.

Az okokat (súrlódás, közegellenállás, hővezetés, hőszugárzás stb.) a tanulók aránylag könnyen felismerik, elfogadják. A tankönyvekben megvalósított energiaközpontú anyag-

feldolgozásból következik a hatások energiaváltozásokkal való definíciója (miután pl.: a munkát is meghatározott folyamatban bekövetkező energiaváltozásként értelmeztük). Ennek megvan az az előnye, hogy a termikus kölcsönhatás hatásköréről már a 7. osztályban lehet szólni. A feldolgozás keretében részletezzük, hogy elsősorban a folyamatoknak van hatáskörük, és egy-egy gép hatáskörének megállapításakor tulajdonképpen a folyamat egy-egy részletére szűkítjük le a vizsgálódást. Mindez értelemszerűen vonatkozik a teljesítményre is: elsősorban energia jellegű mennyiséggel jellemezhető, időben lejátszódó folyamatoknak van teljesítménye, de gyakran a részt mondják az egész helyett, pl.: a motor, a kazán, a mozdony teljesítményéről beszélnek.

A tankönyvi feldolgozás a hőerőgépeknél is a fizikai tartalomra koncentrál. A nagy sebességgel áramló légnemű anyag munkát végez (a turbina működési elve), a zárt térben robbanásszerűen elégetett gázkeverékből nagy nyomású gáz lesz, mely a dugattyú elmozdításával munkát végez (a belsőégésű hőerőgépek működési elve). A motorok közül a törzsanyagban csak a négyütemű benzinmotorokkal és a Diesel-motorokkal foglalkozunk.

A témakör feldolgozására mi 16 órát fordítottunk. Ebből 10 órán dolgoztunk fel új anyagot. A tapasztalatok szerint ez az időtartam elegendő is, egyik tanítási egység tanítása sem igényel feszített tempót. Az eddigi tanítási tapasztalataink szerint az egyes tanítási egységeknél a következők kiemelt figyelembe vételét javasoljuk:

Támadáspont, hatásvonal: Felelevenítjük az erőhatásról, az erőről, az erő méréséről tanultakat. Foglalkozunk az egy kölcsönhatásban fellépő, illetve egy testre ható erők vizsgálatával. Az erő ábrázolásáról eddig tanultak alapján nem okoz nehézséget a támadáspont és a hatásvonal elnevezés bevezetése. A tanulók könnyen megértik, hogy a – középpontjában forgathatóan felerősített – merev rudat erő hatások (a gravitációs mező és a tengely hatása) egymást kiegyenlítik, így azok hatása a későbbiekben figyelmen kívül hagyható. Nem okoz gondot a javasolt kísérlet alapján mindazon erők forgatóhatásának felismertetése sem, melyek hatásvonala nem megy át a forgástengelyen. Jó, ha ezen az órán módot találunk az energiaváltozások kiszámításáról tanultak ($W = F \cdot s$, $\Delta E_b = c \cdot m \cdot \Delta T$) felelevenítésére is, előkészítve ezzel az energiamegmaradás, a hatások és a teljesítmény tanítását.

A forgatónyomaték: Az erő és az erőkar fordított arányának (mit jelent az, hogy e két mennyiség fordítottan arányos, mit állapíthatunk meg a fordítottan arányos összetartozó mennyiségek szorzatáról), az egyensúly feltételének felismertetését, ezen ismeret elmélyítését ($M = M_1$) kiemelten fontosnak tartjuk. A $k \cdot F = k_1 \cdot F_1$ összefüggést, illetve annak átrendezését konkrét feladatok megoldásához kapcsolódóan gyakoroltathatjuk. Hívjuk fel a figyelmet arra, hogy egyensúly esetén a forgatóhatások ellentétes irányúak!

Emelők a gyakorlatban: Jól hasznosíthatók itt a szokásos eszközök (pl. karos mérleg, olló, diótörő), modellek (pl. a csörlő modellje), rajzok diaképek. A feladatmegoldásokhoz igénybevehetők a régebbi feladatgyűjtemények SI szerint átalakított feladatai (pl. a Feladatok kis fizikusoknak című kiadvány 52–55. lap; OPI Pedagógustovábbképzés könyvtára Fizikatanításunk eredményessége, fizikatanításunk jövője 1977. című kiadvány 137–139. lap).

A lejtő: A kísérlet elvégzése, a kölcsönhatások elemzése (a lejtőn levő henger egyensúlya feltételének felismertetése) alapvető fontosságú. Felismertethető, hogy a „vízszintes” lejtőn (ahol $\alpha = 0^\circ$) a lejtő által a testre gyakorolt erő egyenlő a gravitációs erővel, az α hajlásszög növelésével a változatlan gravitációs erő mellett a lejtő által a testre gyakorolt erő csökken, „függőleges” lejtő esetén ($\alpha = 90^\circ$) 0 N lesz. Ebből következik, hogy az egyensúlyhoz szükséges „tartóerő” a lejtő hajlásszö-

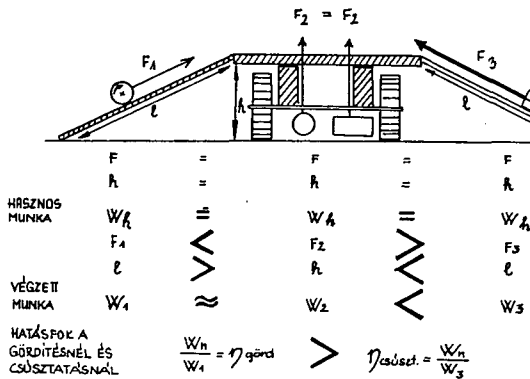
gének növelésével nő, felső értéke pedig a gravitációs erővel egyenlő. A gyakorlati alkalmazásra vonatkozó ismeretek megbeszélését rajzokkal, diákkal stb. segíthetjük.

Az egyszerű gépek és az energiamegmaradás: A tanítási egység a 6. osztályban a munkáról tanultakra épül, így ezen ismeretanyag időbeni felelevenítése döntő jelentőségű. A tömegközéppontban „tengelyezett”, gyakorlatilag súrlódás nélkül forogatható rúdnál kedvező mérési eredményeket kapunk. Jó az eredmény akkor is, ha hengert lejtőn gördítünk fel (bár a gördülési ellenállás itt gyakorlatilag elhanyagolható, nem baj, ha a „végzett munka” számított értéke kissé nagyobb, tehát csak közelítőleg egyenlő a lejtő nélkül végzett emelési munkával).

A hatásfok: Miután az energiamegmaradást kétoldalú (tömegközéppontjában „tengelyezett”) emelővel és lejtővel (henger gördítésével) mutattuk meg, célszerű a hatásfok fogalmának kialakításakor is hasonló mérőkísérletekre építeni. Javasoljuk a tankönyv 134. lapján levő fényképen feltüntetett szituáció modellezésével mérő kísérlet végzését (a teherautót pl. 15 cm magasságú emelvény pótolhatja, lejtőként a mechanikai készlet lejtői, ládaként és hordóként pedig egyenlő súlyú hasáb és henger alkalmazható). A számítás és összehasonlítás közös munka keretében történhet. A feladat elemzésével világossá válik, hogy gördülés esetén a súrlódás gyakorlatilag elhanyagolható, csúszás esetén azonban már nem. A megbeszéléshez alkalmazható pl. az alábbi kiegészítéses transzparens, ahol középpüth emeléssel, balról gördítéssel, jobbról csúsztatással juttatjuk fel azonos magasságra az egyenlő súlyú hordót és ládát. Feladat: a hasznos és a végzett munkák, gördítés és csúszás esetén a hatásfok összehasonlítása. (Jelmagyarázat: F a testek súlya, F_1, F_2, F_3 a test egyenes mozgathatásához szükséges erő, l a lejtő hossza, h az emelés magassága, W_h a hasznos munka, W a végzett munka, η a hatásfok.)

1. sz. melléklet.

Teherautóra – ugyanolyan magasra – egyenlő súlyú hengert és ládát raknak fel. Hasonlítsd össze a munkákat, gördítésnél és csúszásnál a hatásfokokat!



További mérőkísérlet is elvégezhető, elemeztethető: teher emelése az egyik végén alátámasztott egyoldalú emelővel, mozgócsigával (ahol a rúd, illetve a csiga stb. súlya nem hanyagolható el), ez azonban nem mond ellent az energiamegmaradásnak.

Az órán alkalmazni kell a fizikai munkavégzésre ($W = F \cdot s$) és a termikus kölcsönhatásra ($\Delta E_b = c \cdot m \cdot \Delta T$) tanult összefüggéseket is. Ezek felelevenítéséről legkésőbb ezen óra bevezető részében gondoskodjunk! Szólhatunk arról is, hogy a gépi berendezéseinknél a hatásfok szintje a technikai fejlettség fontos mutatója.

Erőgép, gőzturbina: Jól hasznosíthatók a tanulók meglevő technikai ismeretei és azon tapasztalatuk, hogy az áramló víz és levegő munkát képes végezni (vízikerék, szélkerék, turbina). Hívjuk fel a figyelmet a gőzturbina jelentőségére (hőerőművek, atomerőművek)!

A belsőégésű hőerőgépek: A keresztmetszeti modell fényképéhez vagy külön rajzon írassuk fel az alkotórészek (henger, dugattyú, szívószelep, kipufogószelep, gyer-tya) nevét is! Jobb felkészültségű osztályban – ahol feldolgoztuk a „Nem súlyból származó nyomások” című kiegészítő anyagot – részletesebben értelmeztethetjük a „szíváskor” bekövetkező nyomáskülönbséget. (A henger belsejében a dugattyú „lefele” mozgásakor csökkentjük a változatlan számú gázrészecskék ütközéseinek számát, mert növeljük a belső térfogatot; így a csökkenő belső nyomású hengerbe a változatlan, tehát nagyobb külső légnyomás préseli be a benzingőz és levegő keverékéből álló gázt.) A tudomány és technika fejlődésének megbecsülésére, a takarékosagra, környezetvédelemre, balesetmentes közlekedésre nevelés sok lehetősége adódik ezen a tanítási órán.

A teljesítmény: Az előző tantervhez viszonyítva módosítást jelent, hogy ott – a mennyiségek közötti összefüggések mélyítése érdekében – az alsóbb osztályokban a feladatok következtetéssel történő megoldása dominált, a jelenlegi feldolgozásban pedig a képlethasználat került előtérbe. Ez utóbbi tény azonban nem szabad, hogy a mennyiségek közötti összefüggés elhanyagolását eredményezze. Ezért szolgálja a kézikönyv is, hogy egy-egy új fogalom bevezetésekor mutassuk be a következtetéses gondolatmenetet is, ezenfelül az összefüggések felismertetéséhez, mélyítéséhez hasznosítsunk más lehetőségeket is! Ezekből mutatunk most be néhányat.

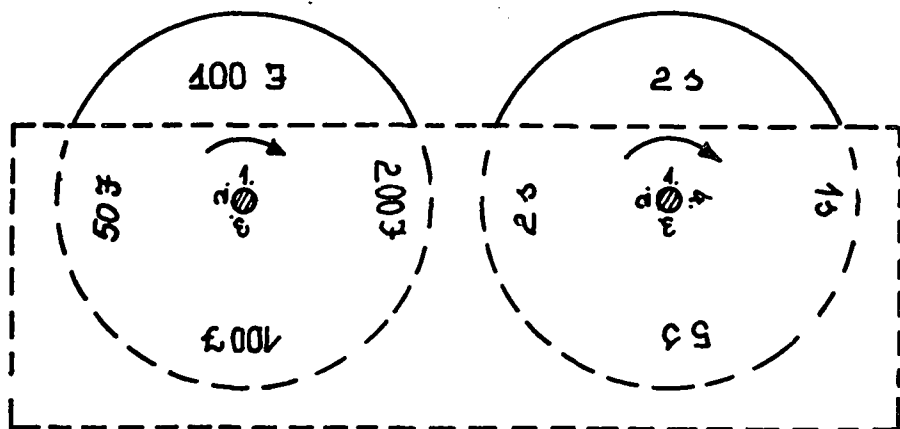
Forgatható transzparensok (2–3. sz. melléklet) alkalmazásával változtatjuk a munka vagy az időtartam, vagy mindkettő konkrét és részben konkrét nagyságát (1. sz. melléklet), és értelmezzük a teljesítmény alakulását. A 3. sz. mellékleten a munka, illetve az idő változását elvontan adjuk meg, a választ feleletválasztásos jelleggel várjuk. (A fóliából készített forgatható körlapok miltonkapoccsal erősíthetők fel. A „felesleges” részek „takarásán” az alapon átlátszatlan papírlapot helyezünk el.

2. sz. melléklet.

Osszefüggés a munka, az idő és a teljesítmény között I.

Ha a munka:

és az idő:



akkor a teljesítmény:

$$W = 100 \text{ J}$$

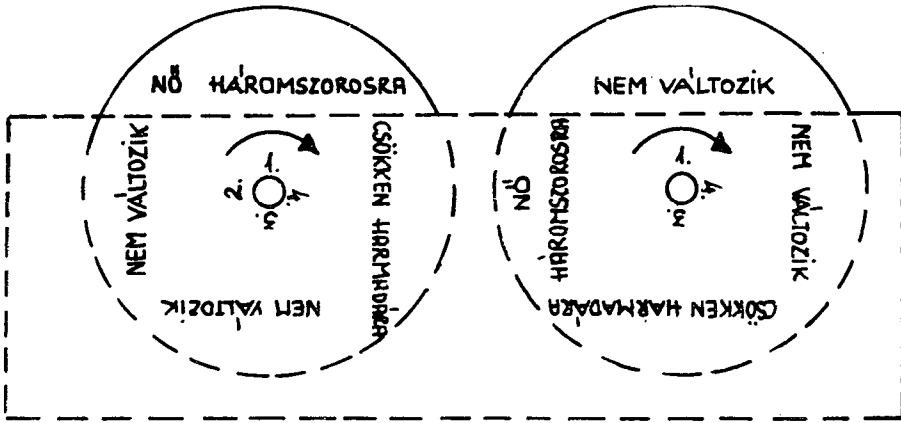
$$t = 2 \text{ s}$$

$$P = ? \quad P = \frac{W}{t} = \frac{100 \text{ J}}{2 \text{ s}} = 50 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 50 \text{ W.}$$

Összefüggés a munka, az idő és a teljesítmény között II.

Ha a munka:

és az idő:



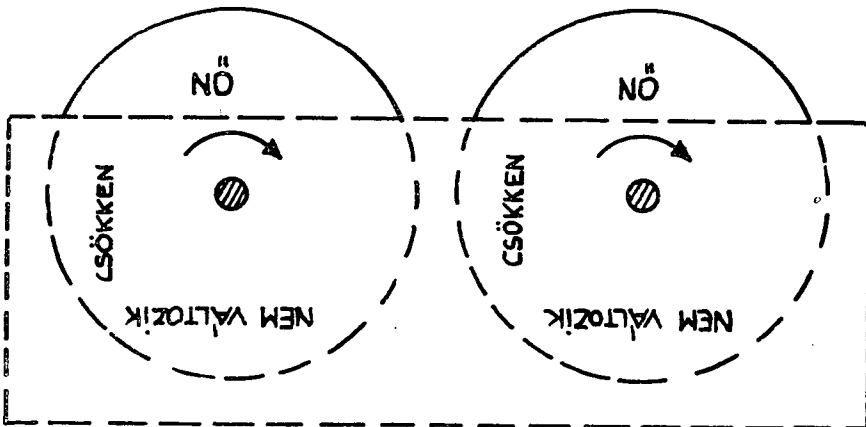
akkor a teljesítmény...

3. sz. melléklet.

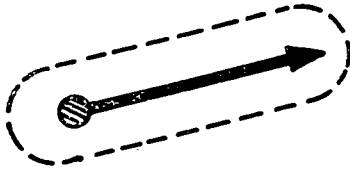
Összefüggés a munka, az idő és a teljesítmény között III.

Ha a munka

és az idő



akkor a teljesítmény

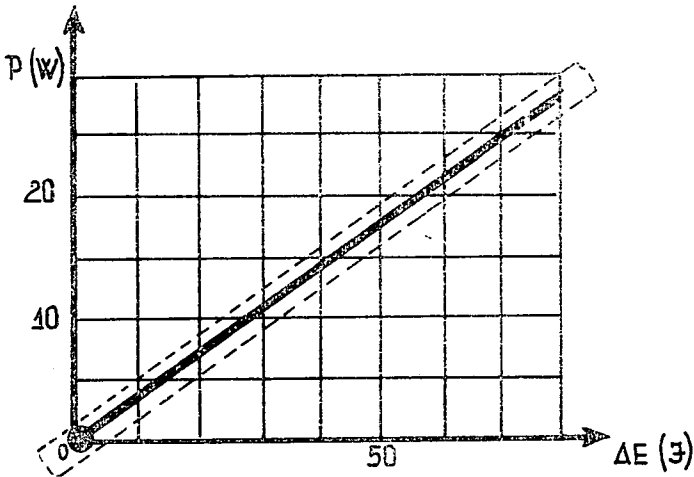


1. nő.
2. csökken.
3. nem változik.
4. vagy nő, vagy csökken, vagy nem változik.

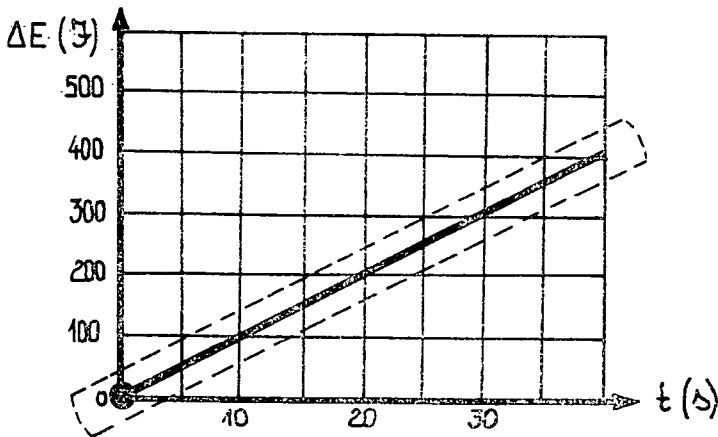
Az összefüggések elemzéséhez hasznosítjuk a grafikonok adta lehetőséget is (az 1-2. grafikonnál a grafikon „görbe” miltonkapoccsal forgathatóan elhelyezett fólia-csíkon van): a leolvasás és a beállítás gyakoroltatható így. (Lásd.: 4. sz. melléklet!)

4. sz. melléklet.

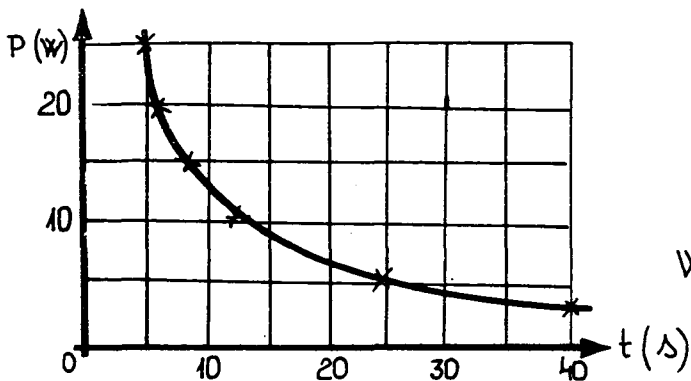
Hasonlítsd össze az alábbi mennyiségeket!



$t = ?$



$P = ?$



A mennyiségek közötti összefüggés jól mélyíthető egy konkrét feladat egy-egy adatának változtatásával, a következmények összehasonlításával. (lásd: 5. sz. melléklet)

5. sz. melléklet.

A 36 000 N súlyú repülőgép 1 perc alatt emelkedik 90 m magasra.

- Mennyi a motor teljesítménye?
- Hogyan változik ugyanezen repülőgép teljesítménye, ha 90 m magasra 30 s alatt emelkedik?
- Hogyan változik ugyanezen repülőgép teljesítménye, ha 1 perc alatt 180 m-re emelkedik?

$$a) F = 36\,000\text{ N} \quad P_1 = \frac{W_1}{t_1} = \frac{F \cdot s_1}{t_1}$$

$$\frac{t_1 = 1\text{ min} = 60\text{ s}}{P_1 = ?} \quad P_1 = \frac{36\,000\text{ N} \cdot 90\text{ m}}{60\text{ s}} = 54\,000 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$b) \begin{aligned} t_2 &= 30\text{ s} & W_1 &= W_2 \\ s_2 &= 90\text{ m} & t_1 &> t_2 \\ & & P_1 &< P_2 \end{aligned}$$

$$c) \begin{aligned} t_3 &= 60\text{ s} & W_1 &< W_2 \\ s_3 &= 180\text{ m} & t_1 &= t_2 \\ & & P_1 &< P_2 \end{aligned}$$

Több mennyiség közötti összefüggés gyakoroltatható a 6. számú táblázat hasznosításával (a munka és teljesítmény alakulására vonatkozó két oszlopot takarásos módszerrel alkalmazva).

6. sz. melléklet

Állapítsd meg az összefüggéseket!

Erő	Út	Idő	Munka	Teljesítmény
F	s	t	W	P
2 F	s	t	2 W	2 P
F	2 s	t	2 W	2 P
$\frac{F}{2}$	2 s	t	W	P
10 F	$\frac{s}{2}$	t	5 W	5 P
F	s	2 t	W	$\frac{P}{2}$
F	s	$\frac{t}{10}$	W	10 P
3 F	s	3 t	3 W	P
$\frac{F}{5}$	s	$\frac{t}{5}$	$\frac{W}{5}$	P

A szűkebb körben végzett kísérleti tanítások tapasztalatai alapján összegezve megállapítható, hogy e témakör országos jellegű tanításakor – főként az első 1–2 év tanítási tapasztalatait is hasznosítva – jó teljesítmény, kedvező hatások várhatóak.