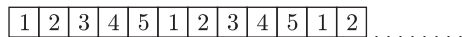


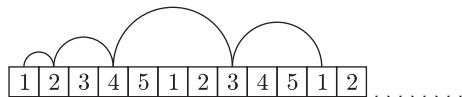
## I. rész

1. Az ábrán egy olyan pályát látunk, mely 2011 db négyzetből áll. A négyzetekbe számokat írtunk 1-től 5-ig egymás után a pálya végéig.



Az első négyzeten áll egy bábu. Mindig annyit lépünk a bábuval, amennyi azon a négyzeten látható, amelyen a bábu éppen tartózkodik. Számítsuk ki azoknak a számoknak az összegét, amely számokra nem lép rá a bábu, míg a pályán végighalad. (10 pont)

**Megoldás.** Az ábrán a bábu első 4 lépését látjuk. Negyedik lépéskor ismét 1-esre lép, amiből következik, hogy innentől kezdve a lépések periodikusan ismétlődnek.



Ez egyben azt is jelenti, hogy egy periódusban éppen 10 db négyzet szerepel, és minden negyedik lépéssel egy újabb periódus veszi kezdetét. Mivel  $2011 = 10 \cdot 201 + 1$ , azért 201 periódus szerepel a pályán és az utolsó lépéssel érkezik el a bábu a pálya utolsó négyzetére, ami az eddig elmondottak szerint 1-es.

Egy periódusban (és minden periódusban) a bábu a 3, 5, 1, 2, 4, 5 számokra nem lép rá. Tehát azoknak a számoknak az összege, amelyekre a bábu nem lép rá, amíg eljut a pálya végére:

$$201 \cdot (3 + 5 + 1 + 2 + 4 + 5) = 201 \cdot 20 = 4020.$$

2. Egy nagy cégnek 1320 dolgozója van. A dolgozók 60%-a a cég menzáján étkezik. A menzára járók számának és a cég dolgozói számának aránya  $\frac{6}{5}$ -ször akkora, mint a menzára járó férfiak és a cég férfi dolgozóinak aránya. A menzára járó férfiak és a cég férfi dolgozóinak aránya és a menzára járó nők és a cég női dolgozóinak aránya pedig úgy aránylik egymáshoz, mint 2 : 3. Hány férfi és hány nő dolgozik ennél a cégnél? (13 pont)

**Megoldás.** Legyen  $f$  és  $n$  a cég férfi és női dolgozóinak száma, valamint  $f_m$  és  $n_m$  a menzára járó férfiak és nők száma. A feltételek szerint a menzára járók száma  $1320 \cdot 0,6 = 792$ , tehát  $f + n = 1320$  és  $f_m + n_m = 792$ . Továbbá

$$\frac{792}{1320} = \frac{6}{5} \cdot \frac{f_m}{f}, \quad \text{ahonnan} \quad f = 2f_m, \quad \text{és}$$

$$\frac{\frac{f_m}{f}}{\frac{n_m}{n}} = \frac{2}{3}, \quad \text{azaz} \quad \frac{1}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{n_m}{n}, \quad \text{ahonnan} \quad n = \frac{4}{3}n_m.$$

Ezek szerint  $f + n = 1320 = 2f_m + \frac{4}{3}n_m$ . Ezt az egyenlőséget így is írhatjuk:

$$1320 = 2f_m + 2n_m - \frac{2}{3}n_m = 2(f_m + n_m) - \frac{2}{3}n_m,$$

$$1320 = 2 \cdot 792 - \frac{2}{3}n_m, \quad \text{azaz} \quad \frac{2}{3}n_m = 264, \quad \text{ahonnan} \quad n_m = 396.$$

Ezzel  $f_m = 792 - 396 = 396$ .

Tehát a menzára járó férfiak és nők száma egyaránt 396. Ekkor  $f = 2f_m = 792$  és  $n = \frac{4}{3}n_m = 528$ .

Vagyis a férfi dolgozók száma 792, a női dolgozók száma 528.

3. Egy raktárban 13 nagy dobozt tárolnak. E dobozok közül néhányban van 13-13 db közepes méretű doboz. A közepes méretű dobozok közül néhányba 13-13 kisebb dobozt tettek. Az üres dobozok száma 205. Hány doboz van a raktárban? (14 pont)

**Megoldás.** Legyen a 13 db nagy doboz között  $k$  db olyan, melyekbe 13-13 közepes dobozt tettek. Ekkor  $13 - k$  db nagy doboz üres.

A  $13k$  db közepes doboz között legyen  $n$  db olyan, melyekben 13-13 db kis doboz van. Ekkor  $13k - n$  db közepes doboz üres és a  $13n$  db kis doboz mindegyike szintén üres. Ezek szerint az üres dobozok száma

$$13 - k + 13k - n + 13n = 205, \quad \text{azaz} \quad 12k + 12n = 192, \quad \text{ahonnan} \quad k + n = 16.$$

Az asztalon összesen  $13 + 13k + 13n$  db doboz van. Tehát a dobozok száma  $13 + 13k + 13n = 13(k + n + 1) = 13 \cdot 17 = 221$ .

4. Négy dobozba piros és fekete golyókat helyeztünk el az ábra szerint .

1. 5 p; 5 f	2. 10 p; 5 f	3. 7 p; 14 f	4. 14 p; 14 f
----------------	-----------------	-----------------	------------------

Minden dobozból véletlenszerűen kivesszünk egy-egy golyót. Igazoljuk, hogy annak a valószínűsége, hogy mind a négy kivett golyó piros, ugyanannyi, mint annak a valószínűsége, hogy mind a négy golyó fekete. (14 pont)

**Megoldás.**

Annak a valószínűsége, hogy az első dobozból pirosat húzunk  $\frac{1}{2}$ , annak a valószínűsége, hogy a második dobozból pirosat húzunk  $\frac{10}{15} = \frac{2}{3}$ , annak, hogy a harmadik dobozból pirosat húzunk  $\frac{7}{21} = \frac{1}{3}$ , végül, hogy a negyedik dobozból pirosat húzunk  $\frac{1}{2}$ . Tehát annak a valószínűsége, hogy mind a 4 dobozból pirosat húzunk:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{18}.$$

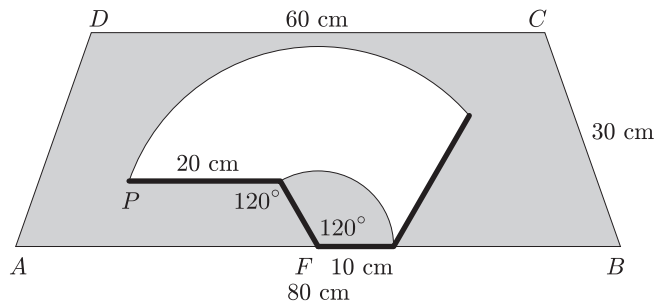
Annak a valószínűsége, hogy a dobozokból feketét húzunk rendre:  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{1}{2}$ . Tehát annak a valószínűsége, hogy mind a négy dobozból feketét húzunk:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{18}.$$

A két valószínűség valóban egyenlő.

## II. rész

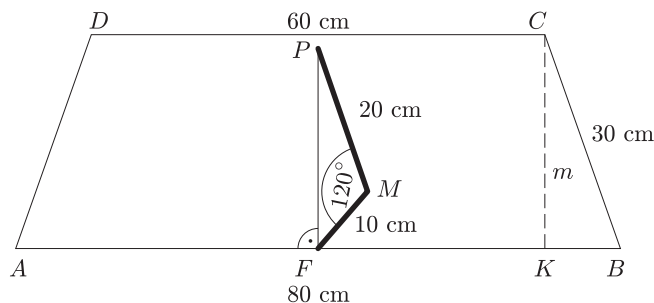
5. Az ábrán egy autó hátsó szélvédőjét és annak ablaktörlőjét látjuk. Ez egy 10 cm-es és egy 20 cm-es, egymáshoz  $120^\circ$ -os szögben csatlakozó kar, melynek 10 cm-es darabja a hajtókar, 20 cm-es darabja a gumilapát. A hajtókar a szimmetrikus trapéz alakú hátsó ablak hosszabbik alapjának  $F$  felezőpontja körül tud elfordulni  $120^\circ$ -os szögben. (A hátsó ablakot tekintsük síkbeli alakzatnak.)



- a) Milyen távol van a gumilapát  $P$  végpontja az ablak  $CD$  oldalától, amikor a legközelebb van hozzá?  
 b) Hány százalékát törli le a gumilapát a hátsó ablaknak?

**Megoldás.** a) Az ablaktörlő gumilapát  $P$  végpontja akkor van legközelebb az ablak  $CD$  oldalához, amikor az  $FP$  egyenes merőleges az alapokra. A keresett távolság a trapéz  $m$  magasságának és az  $FP$  szakasznak a különbsége. A trapéz magasságát a  $BCK$  derékszögű háromszögből kapjuk Pitagorasz-tétel segítségével. Mivel

$$BK = \frac{80 - 60}{2} = 10 \text{ cm, így } m = \sqrt{30^2 - 10^2} = \sqrt{800} \approx 28,28 \text{ cm.}$$



Az  $FP$  szakasz hosszát koszinusztétellel számíthatjuk ki:

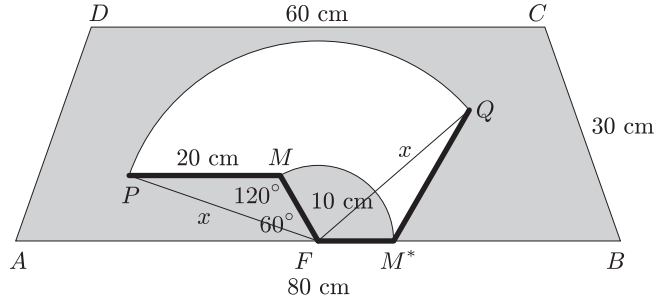
$$FP^2 = FM^2 + MP^2 - 2 \cdot FM \cdot MP \cdot \cos 120^\circ = 700, \quad FP = \sqrt{700} = 26,46 \text{ cm.}$$

Tehát az ablaktörlő gumilapát végpontjának a felső  $CD$  oldaltól való legkisebb távolsága  $28,28 - 26,46 = 1,82 \text{ cm}$ .

b) A trapéz területe:

$$T_{\text{trapéz}} = \frac{(80 + 60) \cdot 28,28}{2} = 1979,6 \text{ cm}^2.$$

A lapát által letörölt  $T_{\text{tisztá}}$  területet az alábbi gondolatmenettel számíthatjuk ki.



Először kiszámítjuk az  $F$  középpontú,  $PF = x$  sugarú  $PFQ$  körcikk területét, ehhez hozzáadjuk az  $FM^*Q$  háromszög területét, majd az összegből levonjuk a  $PFM$  háromszög és az  $MFM^*$  körcikk területét:

$$T_{\text{tisztá}} = T_{PFQ \text{ körcikk}} + T_{FM^*Q} - T_{PFM} - T_{MFM^* \text{ körcikk}}.$$

Az  $FM^*Q$  és  $PFM$  háromszögek nyilvánvalóan egybevágó háromszögek, így

$$T_{\text{tisztá}} = T_{PFQ \text{ körcikk}} - T_{MFM^* \text{ körcikk}}.$$

Az  $x$  szakaszt a  $PMF$  háromszögből kapjuk koszinusztétellel:

$$x^2 = 10^2 + 20^2 - 2 \cdot 10 \cdot 20 \cdot \cos 120^\circ, \\ x^2 = 500 + 200 = 700, \quad \text{ahonnan } x = 10\sqrt{7}.$$

Mivel  $\angle PFQ = 120^\circ$ , azért

$$T_{PFQ \text{ körcikk}} = \frac{(10\sqrt{7})^2 \cdot \pi}{360} \cdot 120 = \frac{700\pi}{3} \approx 733 \text{ cm}^2.$$

Az  $MFM^*$  körcikk területe:

$$T_{MFM^* \text{ körcikk}} = \frac{10^2 \pi}{360} \cdot 120 = \frac{100\pi}{3} \approx 104,7 \text{ cm}^2.$$

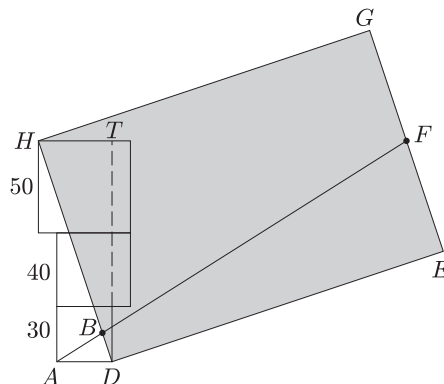
Tehát az ablaktörlő által tisztított terület nagysága:  $733 - 104,7 = 628,3 \text{ cm}^2$ .

Vagyis a gumilapát a hátsó szélvédő területének kb.  $\frac{628,3}{1979,6} \cdot 100 \approx 31,7\%$ -át törli le.

**6.** Az ábrán egy építendő háztömb és a hozzá tartozó mélygarázs alaprajzát látjuk. A háztömb alaprajza három egymás mellé helyezett négyzet, melyek oldalai: 50 m, 40 m és 30 m. A mélygarázs alakja egy olyan  $DEGH$  téglalap, melynek hosszabbik  $DE$  oldala a rövidebb oldalának másfélszerese.

a) Mekkora a mélygarázs területe?

b) A garázs kocsibejárója az  $EG$  oldal  $F$  felezőpontjában lesz. A háztömb  $A$  csúcsánál lesz egy lejárát a pincébe, ahonnan a  $B$  pontnál egy ajtón át lehet kijutni a mélygarázsba. Milyen hosszú a  $BF$  szakasz? (16 pont)

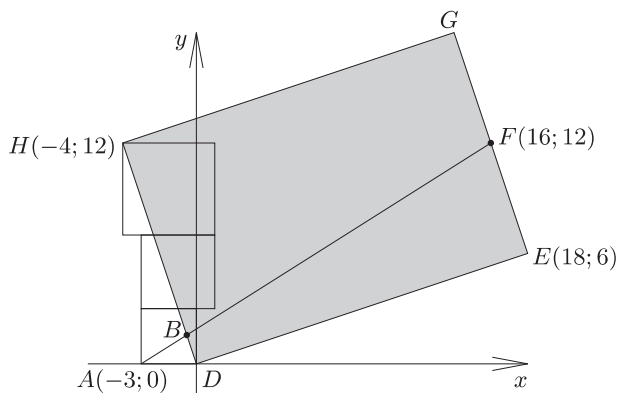


**Megoldás.** a) A téglalap  $HD$  oldalát a  $HTD$  derékszögű háromszögből számíthatjuk ki a Pitagorasz-tétel segítségével. A háromszög egyik befogója  $50 + 40 + 30 = 120$  m, másik befogója  $40$  m, tehát

$$HD^2 = 120^2 + 40^2 = 16\,000, \quad \text{ahonnan} \quad HD = 40\sqrt{10}.$$

A téglalap másik oldala ennek másfélszerese, vagyis  $DE = 60\sqrt{10}$ . Ezek szerint a mélygarázs területe:  $40\sqrt{10} \cdot 60\sqrt{10} = 24\,000$  m<sup>2</sup>.

b) Helyezzük el az ábrát egy alkalmasan választott koordináta-rendszerben; legyen az egység mindkét tengelyen  $10$  m. Az  $E$  pont koordinátáit megkapjuk, ha a  $\overrightarrow{DH}(-4; 12)$  vektor  $-90^\circ$ -os elforgatottját megszorozzuk  $1,5$ -del. Ezzel az  $E$  pont  $E(18; 6)$ . Az  $F$  pont koordinátáit pedig megkapjuk, ha a  $\overrightarrow{DE}$  vektorhoz hozzáadjuk az  $\frac{1}{2}\overrightarrow{DH}$  vektort. Így  $F(16; 12)$ .



Ezek után írjuk fel a  $DH$  és  $AF$  egyenesek egyenletét, majd számítsuk ki ezek  $B$  metszéspontját. A megfelelő pontok koordinátáiból a  $DH$  egyenes egyenlete:  $y = -3x$ , az  $AF$  egyenes egyenlete:  $12x - 19y = -36$ . A két egyenes metszéspontjának koordinátái  $B\left(-\frac{12}{23}; \frac{36}{23}\right)$ . Ezzel a  $B$  és  $F$  pontok távolsága:

$$BF = \sqrt{\left(\frac{380}{23}\right)^2 + \left(\frac{240}{23}\right)^2} \approx 19,54, \quad \text{azaz} \quad 195,4 \text{ m.}$$

**7.** Adott a valós számok halmazán értelmezett  $f(x) = x^2 + bx + c$  függvény. A függvényérték valamely  $k$  valós számra  $f(k) = 190,1$ . Számítsuk ki az alábbi összeget:

$$f(k-1) + f(k+1) + f(k-2) + f(k+2) + \dots + f(k-5) + f(k+5). \quad (16 \text{ pont})$$

**Megoldás.** Írjuk ki részletesen az  $f(k-i) + f(k+i)$  tagokat, ahol  $f(x) = x^2 + bx + c$ ,  $f(k) = 190,1$  és  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .

$$\begin{aligned} f(k-i) + f(k+i) &= (k-i)^2 + b(k-i) + c + (k+i)^2 + b(k+i) + c = \\ &= k^2 - 2ki + i^2 + bk - bi + c + k^2 + 2ki + i^2 + bk + bi + c = \\ &= 2k^2 + 2bk + 2c + 2i^2 = 2(k^2 + bk + c) + 2i^2. \end{aligned}$$

A zárójelben éppen  $f(k)$  szerepel, így

$$f(k-i) + f(k+i) = 2 \cdot f(k) + 2i^2.$$

Ezek szerint az alábbi összeget kell kiszámítanunk:

$$2 \cdot f(k) + 2 \cdot 1^2 + 2 \cdot f(k) + 2 \cdot 2^2 + 2 \cdot f(k) + 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot f(k) + 2 \cdot 4^2 + 2 \cdot f(k) + 2 \cdot 5^2.$$

Vagyis a keresett összeg:

$$10 \cdot f(k) + 2 \cdot (1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2) = 10 \cdot 190,1 + 2 \cdot 55 = 1901 + 110 = 2011.$$

**8. a)** Oldjuk meg a  $\sqrt{\log_{\frac{1}{2}}^2 x - 10 \log_{\frac{1}{2}} x + 25} \geq 1$  egyenlőtlenséget a valós számok halmazán.

b) Legyen  $0 \leq x \leq 5$ . Igazoljuk, hogy ekkor

$$\sqrt{-x^2 - 2x + 35} + \sqrt{x + 20 - x^2} \leq 10,5. \quad (16 \text{ pont})$$

**Megoldás.** a) A megoldandó egyenlőtlenségnek a benne szereplő logaritmusok miatt csak akkor van értelme, ha  $x > 0$ . A négyzetgyök alatt teljes négyzet szerepel:

$$\sqrt{\left(\log_{\frac{1}{2}} x - 5\right)^2} \geq 1, \quad \text{azaz} \quad \left|\log_{\frac{1}{2}} x - 5\right| \geq 1.$$

Ez azt jelenti, hogy  $\log_{\frac{1}{2}} x - 5 \geq 1$  vagy  $\log_{\frac{1}{2}} x - 5 \leq -1$ .

Első esetben:

$$\log_{\frac{1}{2}} x \geq 6 = \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{2}\right)^6.$$

Mivel az  $\log_{\frac{1}{2}} x$  függvény szigorúan monoton csökkenő, azért  $x \leq \left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64}$ .

A második esetben

$$\log_{\frac{1}{2}} x \leq 4 = \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{2}\right)^4.$$

Innen, az  $\log_{\frac{1}{2}} x$  függvény előbb említett tulajdonsága miatt  $x \geq \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$ .

A két esetet egybevetve az eredeti egyenlőtlenség megoldásai:

$$0 < x \leq \frac{1}{64}, \quad \text{vagy} \quad \frac{1}{16} \leq x.$$

b) Bontsuk fel a négyzetgyökök alatt szereplő másodfokú kifejezéseket elsőfokúak szorzatára. Ehhez először ki kell számítanunk a másodfokú kifejezések zérushelyeit. Az első négyzetgyök alatti kifejezésre

$$x_{1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 140}}{-2} = \frac{2 \pm 12}{-2}, \quad x_1 = -7, \quad x_2 = 5.$$

A második négyzetgyök alatti kifejezésre

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 80}}{-2} = \frac{-1 \pm 9}{-2}, \quad x_1 = -4, \quad x_2 = 5.$$

A kapott gyökökkel a megadott kifejezés így írható:

$$\sqrt{-(x+7)(x-5)} + \sqrt{-(x+4)(x-5)} \leq 10,5,$$

vagy másképpen:

$$\sqrt{(x+7)(5-x)} + \sqrt{(x+4)(5-x)} \leq 10,5.$$

Mivel  $0 \leq x \leq 5$ , azért mindkét négyzetgyök alatt nem negatív mennyiség szerepel. Alkalmazzuk mindkét tagra a számtani és mértani közép közötti egyenlőtlenséget. Eszerint:

$$\sqrt{(x+7)(5-x)} \leq \frac{x+7+5-x}{2} = \frac{12}{2} = 6,$$

valamint

$$\sqrt{(x+4)(5-x)} \leq \frac{x+4+5-x}{2} = \frac{9}{2}.$$

E két egyenlőséget összeadva kapjuk a bizonyítandó állítást:

$$\sqrt{(x+7)(5-x)} + \sqrt{(x+4)(5-x)} \leq 6 + \frac{9}{2} = 10,5.$$

**9. Adott a valós számok halmazán értelmezett függvénysereg:**

$$f(x) = x^3 + (a-1)x^2 - (2a+2)x + a - 4.$$

a) Bizonyítsuk be, hogy ha  $a$  egész szám, akkor  $f(-1) + f(0) + f(1) + f(2)$  osztható 6-tal.

b) Határozzuk meg a függvény zérushelyeit, ha  $a = 4$ .

c) Valamely  $a$ -ra a függvény  $x = 2$  helyhez tartozó érintője áthalad az origón. Írjuk fel az érintő egyenletét. (16 pont)

**Megoldás. a)**

$$f(-1) = -1 + a - 1 + 2a + 2 + a - 4 = 4a - 4;$$

$$f(0) = a - 4,$$

$$f(1) = 1 + a - 1 - 2a - 2 + a - 4 = -6,$$

$$f(2) = 8 + 4a - 4 - 4a - 4 + a - 4 = a - 4.$$

Tehát

$$f(-1) + f(0) + f(1) + f(2) = 4a - 4 + a - 4 + -6 + a - 4 = 6a - 18.$$

Ez pedig osztható 6-tal, ha  $a$  egész szám.

b) Ha  $a = 4$ , akkor  $f(x) = x^3 + 3x^2 - 10x$ , azaz  $f(x) = x(x^2 + 3x - 10)$ . A függvény zérushelyei:  $x_1 = 0$ , valamint az  $x^2 + 3x - 10 = 0$  egyenlet gyökei, tehát  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 2$ ,  $x_3 = -5$ .

c) Ha  $x = 2$ , akkor  $f(2) = a - 4$ . Tehát az érintő érintési pontja  $P(2; a - 4)$ . Az érintő  $m$  meredeksége a függvény deriváltja az  $x = 2$  helyen:

$$f'(x) = 3x^2 + 2(a - 1)x - 2a - 2, \quad \text{tehát} \quad m = f'(2) = 12 + 4a - 4 - 2a - 2 = 2a + 6.$$

Ezek szerint az érintő egyenlete:  $y - a + 4 = (2a + 6)(x - 2)$ . Ez az érintő áthalad az origón, tehát:  $-a + 4 = -4a - 12$ , ahonnan  $a = -\frac{16}{3}$ . Ezzel az érintő egyenlete:

$$y + \frac{16}{3} + 4 = \left(6 - \frac{32}{3}\right)(x - 2), \quad \text{azaz} \quad y = -\frac{14}{3}x.$$