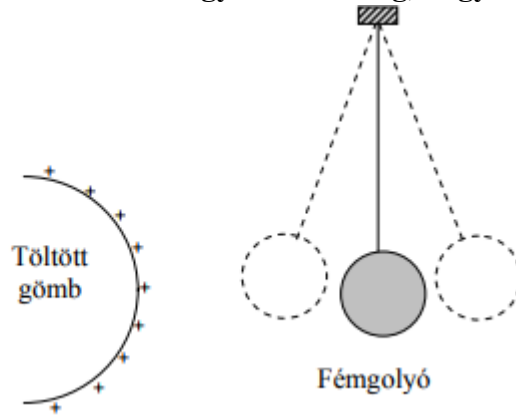


1. a) Az elektromos vezetékeket általában szigetelik, például műanyagbevonattal látják el. Mi a szerepe a szigetelésnek? Mi teszi alkalmassá erre a műanyagot? Soroljon fel még két szigetelőanyagot! b) Mi a különbség a szigetelés és az árnyékolás között? Mondjon példát az árnyékolásra!
(Összesen: 10 pont +8 pont =18 pont)

Megoldás:

a) <i>A szigetelés szerepe</i>	3 pont (bontható)
<i>(A 3 pont akkor adható meg, ha a vizsgázó általánosságban megfogalmazza, hogy a szigetelés a töltések vezetőn kívülre jutását akadályozza meg. Ha csak konkrét gyakorlati eseteket említ (pl. „megakadályozza az áramütést”, akkor 1-2 pont adható.)</i>	
<i>A műanyag nem vezeti az áramot, mert nincsenek benne szabad töltéshordozók.</i>	1 pont 2 pont
<i>Két szigetelő megnevezése</i>	2x2 pont
b) <i>A szigetelés és az árnyékolás közötti különbség</i> <i>Az árnyékolás lényege</i>	3 pont (bontható)
<i>(A válasz akkor tekinthető helyesnek, ha a vizsgázó az elektromos mező árnyékolását írja le, függetlenül attól, hogy az sztatikus vagy nem sztatikus mező-e.)</i>	
<i>Összehasonlítás</i>	2 pont
<i>Példa az árnyékolásra (nem csak sztatikus mezőre vonatkozó példa fogadható el)</i>	3 pont
Összesen	18 pont

2. Egy szigetelő fonálra függesztett, összességében elektromosan semleges, gömb alakú fémgolyó egy felületén egyenletesen pozitívrá töltött szigetelőgömb közelében lóg.
- a) Jellemezze vázlatosan a fémgolyón kialakuló töltéseloszlást!
- b) Tapasztalat szerint a töltött gömb elektromos erőt fejt ki az összességében semleges fémgolyóra. Ennek hatására a felfüggesztett fémgolyó kitér a függőleges helyzetből. Milyen irányú a kitérés? Magyarázzuk meg, hogy miért!



(2005. feb.)

Megoldás:

a) A fémgolyó felszínén megjelenő többlettöltések helyes berajzolása az ábrába: (A pontos leírás rajz nélkül is egyenértékű megoldásnak számít.)

Indoklás az elektromos megosztás alapján:

b) Annak felismerése, hogy a fémgolyón a megosztás miatt megjelenő töltések távolsága a szigetelőgömbtől eltérő:

A fémgolyón a megosztás miatt megjelenő negatív töltések átlagosan közelebb vannak a töltött gömbhöz, mint a megosztás miatt megjelenő pozitív töltések.

Annak felismerése, hogy a távolságkülönbség erőkülönbséget eredményez:

Annak felismerése, hogy a szigetelőgömbhöz közelebbi oldalon lévő negatív töltésekre nagyobb erő hat, mint az átellenes oldalon elhelyezkedő pozitívra:

4 pont
(bontható)

4 pont
(bontható)

4 pont
(bontható)

2 pont

4 pont
(bontható)

Ezért a fémgolyó negatív töltéseire ható vonzóerő nagyobb, mint a pozitív töltéseire ható taszítóerő...

A fonálra függesztett semleges gömbre ható eredő erő irányának, azaz a kitérés irányának meghatározása:

2 pont

... így összességében vonzó hatás tapasztalható. (Az eredő erő rajzon történő bejelölése is elfogadható.)

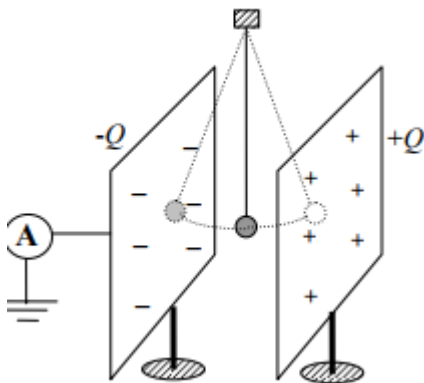
Összesen:

20 pont

3. Egy feltöltött kondenzátor függőleges lapjai közé egy grafitnal bevont, szigetelő fonálon felfüggesztett pingponglabdát lógatunk. Kezdetben az ingát annyira kitérítjük, hogy a labda hozzáérjen valamelyik lemezhez. Ezután az ingát elengedjük, és azt tapasztaljuk, hogy a labda az egyik, majd a másik lemeznek ütközve lényegében periodikusan mozog mindaddig, amíg a kondenzátor csaknem teljesen elveszíti a töltését. A kísérlet valamely fázisában 0,3 másodpercenként tapasztalunk ütközést, ekkor az ábra szerint kapcsolt ampermérő segítségével megállapítható, hogy a töltésszállítás átlagosan $2 \cdot 10^{-10}$ A áramerősséggel jellemezhető.

a) Magyarozza meg a pingpong labda mozgását!

b) Határozza meg, hogy a kísérlet vizsgált fázisában hány darab többletelektront szállít a golyó egy forduló során a negatív lemezről a pozitívra! (Az elektron töltésének nagysága $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.)(2006. május)



Megoldás:

Jelölések: $\Delta t = 0,3$ s, $I_{\text{átlag}} = 2 \cdot 10^{-10}$ A, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

a)

A pingpong labda mozgásának értelmezése:

A grafitnal bevont pingponglabda felülete vezető.

1 pont

Ha a labdát hozzáérintjük valamelyik lemezhez, akkor a lemez töltésével azonos előjelű többlettöltésre tesz szert.

2 pont

A feltöltött labdát a feltöltő lemez taszítja, a másik lemez vonzza, ennek megfelelően a másik lemeznek ütközik.

2 pont

A másik lemeznek ütközve a labda többlettöltését elveszíti.

1 pont

A korábbival ellentétes polaritású többlettöltésre tesz szert.

1 pont

Újra eltaszítódik az öt feltöltő lemeztől, és a másik lemeznek ütközik. Itt újabb áttöltődés, majd eltaszítás következik. (A folyamat kezdődik előlről.)

2 pont

A folyamat közben a kondenzátorlemezek minden ütközésben veszítenek többlettöltésükből, ezért egy idő után az elektromos mező annyira gyenge lesz, hogy a labda megáll.

2 pont

(Az **a**) kérdésben minden 1-nél nagyobb részpontoszám bontható.)

b)

Az egy forduló alatt átszállított többlettöltés meghatározása:

$$I_{\text{átlag}} = \frac{Q}{\Delta t}$$

2 pont

$$Q = I_{\text{átlag}} \Delta t$$

$$Q = 2 \cdot 10^{-10} \text{ A} \cdot 0,3 \text{ s} = 6 \cdot 10^{-11} \text{ C}$$

2 pont

(bontható)

Az átszállított többletelektronok számának meghatározása:

$$N = \frac{Q}{e}$$

2 pont

$$N = \frac{6 \cdot 10^{-11} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 3,75 \cdot 10^8$$

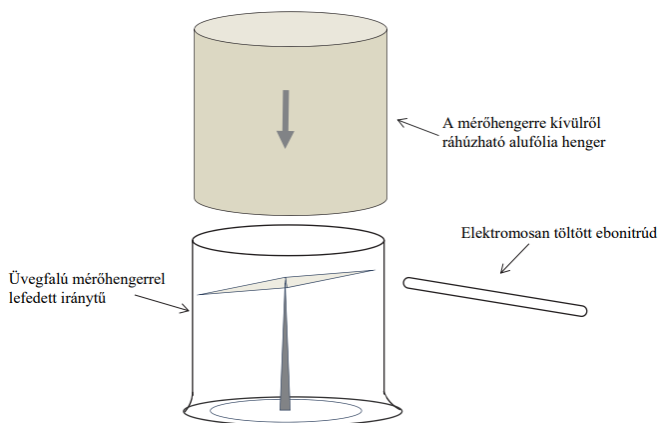
1 pont

Összesen

18 pont

4. Egy megdörzsölt ebonitrudat egy iránytűhöz közelítve azt tapasztaljuk, hogy az az iránytűt elfordíthatja, kitérítheti. Ha az iránytűt üvegfalú mérőhengerrel fedjük le, az eltérítés ugyanúgy jelentkezik. Azonban ha alumíniumpalástot helyezünk az iránytű köré, és az ebonitrudat ezután közelítjük a palást felé, az iránytű nem tér ki. Mi az iránytű elmozdulásának oka? Adjon részletes magyarázatot! Milyen hatást fejtett ki az iránytű környezetében az azt körülvevő alumíniumborítás? Miért nem szünteti meg a jelenséget az üveghenger? Mi a Faraday-kalitka, és mi a jelentősége villám-védelem szempontjából? Adjon meg egy (másik) gyakorlati példát az árnyékolás jelenségére! (2016. október)

Megoldás:



Az iránytű elfordulásának részletes magyarázata:

8 pont
(bontható)

Az ebonitrúd a dörzsölés hatására elektromosan felöltődik (2 pont).

Az iránytűhöz közelítő rúd elektromos tere az iránytűben töltésmegosztás hoz létre. (2 pont)

Az iránytű ellentétes töltésű végeire (2 pont) az elektromos térben ellentétes erők (2 pont) hatnak, amiktől az iránytű elfordul.

Az alumíniumpalást hatásának magyarázata:

4 pont
(bontható)

Az alumíniumpalástban létrejövő töltésmegosztás (2 pont) az iránytű környezetében leáryékolja (vagy kioltja) (2 pont) az elektromos teret.

Vagy: Az alumíniumpalást Faraday-kalitikaként viselkedik, a belsejében az elektromos térerősség 0, így az iránytűre az ebonitrúd nem fejt ki semmilyen hatást.

(Ha a vizsgáló utal a töltések átrendeződésére valamilyen értelmes módon, akkor az első két pont megadandó, ha ennek következményeként értelmezi a belső tér nulla voltát, akkor a második két pont is megadandó.)

Annak magyarázata, hogy miért nem szünteti meg a hatást az üveghenger:

2 pont

Az üveghenger szigetelő, így benne nem jön létre töltésmegosztás, így nem is árnyékolja le az elektromos teret, azaz/vagy benne nem nulla a térerősség, mint a fémek belsejében.

A Faraday-kalitka ismertetése:

4 pont
(bontható)

A Faraday-kalitka egy (tömör vagy hálós falú) zárt fémkalitka (2 pont). Mivel fémből van, a belsejében az elektromos térerősség nulla, így a benne tartózkodó személyeket megóvja a villámcsapástól (2 pont).

Egy tetszőleges példa megadása az árnyékolás jelenségére

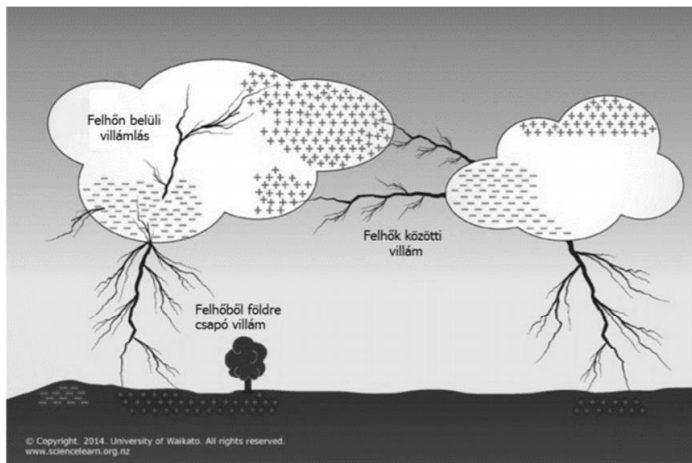
2 pont

Bármely, az előbbtől eltérő példa elfogadható, pl. érzékeny műszerek leáryékolása fémházzal a külső elektromágneses sugárzás ellen, vagy a gázpalackok villámvédelme fémráccsal stb.

Összesen 20 pont.

5. A villámlás

A villám és az azt kísérő mennydörgés jól ismert időjárási jelenség. A villám kialakulása a felhőkben felhalmozódott töltések egymás felé vagy a föld felé áramlásával kezdődik, ha az elektromos térerősség elég nagyra nő. A feszültség ilyenkor a későbbi villám két végpontja között körülbelül 10 millió volt. Az áramló töltések ütközések révén egy ioncsatornát alakítanak ki a későbbi villám két végpontja között. A villám (vagyis maga az elektromos kisülés) a környezet vezetőképességétől függően 50–150 kilométer/másodperc sebességgel halad végig az ioncsatornán. Az ionizált levegő hőmérséklete elérheti a 30 000 Celsius-fokot. Egy átlagos villámban 30-40 ezer amperes áramerősség lép fel, időtartama kb. 0,1 milliszekundum.



- Milyen folyamatnak kell megelőznie a viharfelhőkben a villám kialakulását? Milyen erőhatás miatt kezdenek a töltések egymás felé áramlani? Mit nevezünk ionnak?
- Miért rendkívül veszélyes a villámcsapás az emberre? Miért érezhetjük magunkat villámlás idején biztonságban egy bádogkunyhóban?
- A villámlást többnyire mennydörgés kíséri. Miért észlelünk időkülönbséget a villámlás és az azt kísérő mennydörgés között?
- Körülbelül mekkora töltés áramlik át az ioncsatornán egy villámlás során?
(2020. május)

Megoldás: (15 pont)

- a) *A villámlást létrejöttét megelőző folyamatok megnevezése és az ion fogalmának meghatározása:*

6 pont
(bontható)

A villámlás előtt töltésmegosztás (2 pont) jön létre. (Hasonló kifejezés is elfogadható, pl. „töltések halmozódnak fel”, stb.)

A töltések az elektromos térerősség vagy a Coulomb-erő (2 pont) hatására kezdenek áramlani egymás felé. (Az egyik megnevezés elegendő, képlet felírására nincs szükség.)
Az ion elektronhiánnyal vagy többlettel rendelkező atom vagy molekula (2 pont).

- b) *A villámcsapás veszélyességének indoklása és a bádoggkunyhó szerepének megnevezése:*

4 pont
(bontható)

A villámban nagyon nagy áram folyik (1 pont), ami nagyon nagy kárt okozhat az emberi szervezetben (1 pont).

(Ha a vizsgázó konkrét, valós hatást jelöl meg a pont megadandó.)

A bádoggkunyhó Faraday-kalitkaként (2 pont) viselkedik, belsejében a térerősség és az áram nulla.

- c) *A villám fénye és hangja közti időkülönbség meghatározása:*

2 pont

A fény terjedési sebessége sokkal nagyobb, mint a hangé (2 pont), ezért késik a távoli megfigyelő számára a mennydörgés a villámfényhez képest.

- d) *A villámban áramló töltésmennyiség meghatározása:*

3 pont
(bontható)

$$Q = I \cdot t \text{ (1 pont),}$$

$$Q = 3 \cdot 10^4 \text{ A} \cdot 10^{-4} \text{ s} = 3 \text{ C}$$

vagy

$$Q = 4 \cdot 10^4 \text{ A} \cdot 10^{-4} \text{ s} = 4 \text{ C} \text{ (behelyettesítés + számítás, 1 + 1 pont)}$$

3 C és 4 C körüli értékek elfogadandók.

Összesen 15 pont

6. Sokszor előfordul, hogy miközben levesszük a pulóverünket, sercegést hallunk, sötétben esetleg kis szikrákat látunk. Máskor pl. az ajtókilincshez vagy a lépcsőház fémkorlátjához közelítve pattannak ki kis szikrák rólunk, amik a rajtunk felgyülemlt sztatikus töltést elvezetik. Ilyenkor 2-3 mC töltés is távozik a testünkről, 1-2 századmásodperc alatt. Feltöltődhetünk például úgy is, hogy csoszogva haladunk a padlószőnyegen. Az anyagok dörzselektromos viselkedését az alábbi táblázat mutatja. Ha két különböző anyagot összedörzsölünk, akkor az, amelyik a táblázatban a másiktól jobbra áll, negatív töltésre tesz szert, míg a másik ugyanakkora pozitív töltésre.

Pozitívvá váló, elektront leadó anyagok	levegő	nyúláször	üveg	emberi haj	gyapjú	aluminium	papír	gyapot (pamut)	borostyánkő	poliészterek (műszál alapanyaga)	teflon	Negatívva váló, elektront felvevő anyagok
---	--------	-----------	------	------------	--------	-----------	-------	----------------	-------------	----------------------------------	--------	---

- a) Miért pattog, szikrázik a műszálás (poliészter) pulóver a levétele során, ha alatta pamut pólót hordunk, és mért nem fog szikrázni, ha a pulóver is pamutból van?
- b) Pozitív vagy negatív többlettöltésre tesz szert a műszálás pulóver a levétele során, ha alatta pamut pólót hordunk? A pamut pólóról a műszálás pulóverre, vagy a műszálás pulóverről a pamut pólóra lépnek át elektronok?
- c) Mivel dörzsöljük meg a hajunkat, ha azt akarjuk, hogy negatív töltések halmozódjanak fel rajta?
- d) A jelenség elkerülése érdekében egyes laboratóriumokban fémszálás talpú cipő viselését írják elő a gumitalpú cipők helyett. Miért akadályozza a feltöltődést a gumitalpú cipő fémszálásra cserélése?
- e) Vajon hegyes vagy tompa fém tárgyak megközelítésekor valószínűbb az elektromos kisülés létrejötte? Válaszát indokolja!
- (2021. május)

Megoldás: (20 pont)

- a) A pulóver és póló kölcsönhatásának értelmezése:

4 pont
(bontható)

Műszálás pulóver és pamutpóló összedörzsölésekor két különböző anyag súrlódik, így sztatikus elektromossággal töltődnek fel (2 pont), ez vezet szikrázáshoz, sercegéshez. Ha mindkét ruhadarab pamutból van, nem jön létre feltöltődés (2 pont).

- b) A töltésviszonyok meghatározása:

4 pont
(bontható)

A műszálás pulóver negatív töltésű lesz (2 pont). A pamut pólóról lépnek át elektronok a műszálás pulóverre (2 pont).

- c) Dörzsöléshez választott anyag:

2 pont
(nem bontható)

A hajunkat például nyúlászörrel (2 pont) dörzsölhetjük meg, ha negatív töltést szeretnénk felhalmozni rajta. (Az üveg is elfogadható.)

- d) A fémszálás cipőtalp szerepének elemzése:

4 pont
(bontható)

Mivel a fém vezeti az áramot (2 pont), a töltések nem halmozódnak föl és keltenek szikrát, hanem folyamatosan távoznak, elvezetődnek (2 pont) a testünkből a föld felé.

- e) A megérintett fém tárgyak alakjának szerepe:

6 pont
(bontható)

A csúcschatás (3 pont) miatt hegyes fém tárgyakhoz közelítve könnyebben (3 pont) keletkezik elektromos kisülés.

Összesen: 20 pont

7. Villám és mennydörgés

A leggyakoribb villámfajta nem más, mint egy elektromos gázkisülés, ami felhőn belül, felhők között, vagy a talaj és felhők között jön létre. Keletkezésének pontos folyamata még csak részben ismert, de elfogadott magyarázat, hogy a villám kialakulása a felhők vízcseppjeinek, jégkristályainak súrlódására, széttöredezésére vezethető vissza, aminek következtében az elektromos töltések szétválnak a felhőn belül. A felhő felső felén a pozitív, alul a negatív töltések halmozódnak fel. A töltésszétválasztás elektromos teret hoz létre, ami a felhalmozott elektromos töltésekkel arányos. Az erőtér a földfelszínben lévő negatív töltésekre taszító erőt gyakorol, így azok a föld belseje felé mozdulnak (megosztás történik), és a földfelszín pozitív töltésű lesz. A kisülés úgy jön létre, hogy ionizált gázt tartalmazó, így nagyon kis ellenállású csatorna keletkezik a felhő és a földfelszín között. Ezen a csatornán halad végig az elektromos kisülés. A fő kisülés átlagosan 30 kA áramerősséggel körülbelül 15 C töltést és 500 MJ energiát szállít. A csatornában a hirtelen felmelegedett gáz erős fényt bocsát ki és robbanásszerűen kitágul, ez a levegőben lökéshullámot indít el, amelyet



mennydörgésként hallunk.

(A Wikipedia nyomán. A kép forrása: <https://www.pexels.com>)

- a) A megadott ábra felhasználásával ábrázolja a töltések elhelyezkedését a felhőn belül és a Föld felszínén. Továbbá jelölje az ábrán az elektromos tér irányát a felhőn belül, valamint a felhő alja és a földfelszín között!



- b) Miért halljuk a mennydörgést csak jóval a villámfény észlelése után?
c) Körülbelül milyen hosszú ideig tart egy átlagos villámkisülés?
(2022. május id.)

Megoldás: (16 pont)

Adatok: $I = 30 \text{ kA}$, $\Delta Q = 15 \text{ C}$.

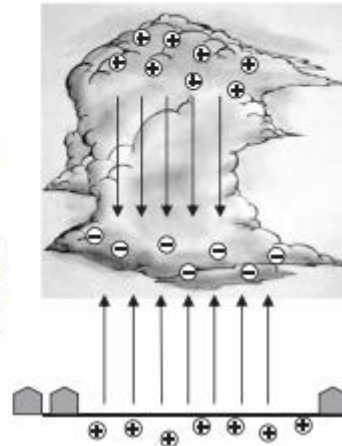
- a) *Megfelelő ábra készítése a szöveg alapján:*

5 pont
(bontható)

Az ábrán fel kell tüntetni:

pozitív töltések a felhő tetején – 1 pont,
negatív töltések a felhő alján – 1 pont,
lefelé mutató télerősség a felhő belsejében – 1 pont,
pozitív töltések a földfelszín közelében – 1 pont,
felfelé mutató télerősség a felhő alja és a föld között – 1 pont.

A télerősséget vektorral (akár egyetlen nyíllal) vagy a tér irányát kifejező nyilakkal, illetve töltéstől töltésig nyúló erővonalakkal is lehet jelölni. A válasz elfogadható, amennyiben az irányitottság egyértelmű.



- b) *A mennydörgés és a villámfény időben eltérő érzékelésének magyarázata:*

5 pont
(bontható)

Mivel a fény-, illetve hanghátas egyszerre (2 pont) keletkezik az elektromos kisülés helyén, és a fény terjedési sebessége sokkal nagyobb, mint a hangé (1 pont) a fény szinte azonnal (1 pont) a szemünkbe jut, míg a hang több másodperces késéssel (1 pont) érkezik a fülünkbe.

- c) *A villámkisülés átlagos időtartamának meghatározása:*

6 pont
(bontható)

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta Q}{I} = \frac{15 \text{ C}}{30000 \text{ A}} = 0,5 \text{ ms}$$

(képlet 2 pont, rendezés 1 pont, megfelelő adatok behelyettesítése 1 + 1 pont, számítás 1 pont).

Összesen: 16 pont