

Elektrosztatika

1.

Egy l hosszúságú rúdon egyenletesen oszlik el Q töltés.

(a) Mekkora elektromos térerősséget kelt a rúd a saját iránya mentén, a végpontjától d távolságra?

(b) Milyen kifejezéshez tart az (a) pontban kapott eredmény az

$d \gg l$ határesetben?



2.

Egy vékony, körív alakú szigetelő fonal λ homogén lineáris töltéssűrűséggel rendelkezik. A körív sugara R , és a középponti szöge α . Mekkora az elektromos térerősség a kör középpontjában?

3.

Két azonos, $+Q$ nagyságú ponttöltést egymástól L távolságra lerögzítünk. A kettő közé, az egyensúlyi helyzetbe leteszünk egy harmadik, $+q$ ponttöltést, amely csak a töltéseket összekötő egyenes mentén tud mozogni. A q ponttöltésnek m a tömege.

(a) Mutassuk meg, hogy ha a q töltést az egyensúlyi helyzetéből kis távolságra kimozdítjuk, akkor harmonikus rezgőmozgást fog végezni.

(b) Mekkora a rezgés periódusideje?

4.

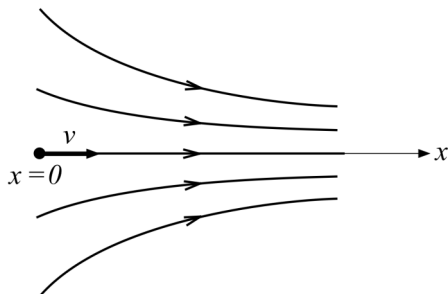
Két egyforma, kicsiny fémgömb q_1 és q_2 töltéssel rendelkezik, és 1 méter távolságra helyezkednek el egymástól. A köztük levő vonzóerő nagysága $8 \cdot 10^{-3} \text{N}$. A fémgömböket összeérintjük, majd ismét egymástól 1 méter távolságra helyezzük el őket. Ekkor $2 \cdot 10^{-3} \text{N}$ nagyságú taszítóerő hat köztük. Számítsuk ki a q_1 és q_2 értékét.

5.

Egy adott tértartományban az elektromos térerősséget az $E_x(x) = 3 + 3 \cdot 10^3 x$ [V/m] függvény írja le, ahol x -et méterben kell érteni. Egy elektron az $x = 0$ helyen $v = 10^6$ m/s sebességgel repül be ebbe a tértartományba.

(a) Milyen x -koordinátájú helyen lesz az elektron sebessége zérus?

(b) Állva marad-e ezen a helyen az elektron?



6.

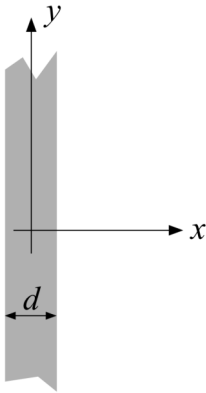
Egy vékony, R sugarú szigetelő gyűrűn a lineáris töltéssűrűség a φ középponti szög függvényében a $\lambda(\varphi) = \lambda_0 \sin \varphi$ összefüggés szerint változik ($\varphi = 0..2\pi$). Mekkora és milyen irányú az elektromos térerősség a gyűrű középpontjában?

7.

- (a) Számítsuk ki, mekkora elektromos térerősséget kelt egy R sugarú, $+Q$ töltéssel egyenletesen feltöltött vékony körgyűrű a tengelye mentén, a körgyűrű középpontjától x távolságra.
(b) Mekkora x -értéknél lesz a térerősség maximális?
(c) Milyen kifejezéshez tart az (a) pontban kapott eredmény az $x \rightarrow \infty$ határesetben?

8.

Egy d vastagságú, az (y,z) síkkal párhuzamos, végtelen kiterjedésű sík lemezben egyenletes ρ térfogati töltéssűrűség van. Számítsuk ki az elektromos térerősség nagyságát a lemez vastagságának közepétől mért x -irányú távolság függvényében.



9.

Egy hosszú, R sugarú tömör fémhenger felületén egyenletes σ felületi töltéssűrűség van.

- (a) Számítsuk ki az elektromos térerősséget a fémhenger szimmetriatengelyétől mért r távolság függvényében.
(b) A fémhenger felületétől R távolságra az elektrosztatikus tér hatására egy m tömegű, kicsiny q töltésű részecske körpályán kering. Mekkora a részecske keringési sebessége?

10.

Egy R sugarú szigetelőgömb belsejében az elektromos térerősség mindenütt (kivéve a gömb középpontját) sugárirányban kifelé mutat, és mindenütt ugyanakkora nagyságú. Hogyan függ a gömb belsejében a ρ térfogati töltéssűrűség a középponttól mért r távolságtól?

11.

A tér egy tartományában az elektromos potenciált Volt-egységekben mérve a $V(x,y) = 5x^2 + 2y$ függvény írja le, ahol x és y az adott pont Descartes-koordinátái méterben. Mekkora nagyságú és milyen irányú erő hat egy elektronra, amely az $(x = 0.5\text{m}, y = 0.1\text{m})$ helyen tartózkodik?

12.

Legfeljebb mekkora elektromos potenciálra lehet feltölteni egy 20cm átmérőjű fémgömböt anélkül, hogy a térerősség értéke bárhol meghaladná a levegő átütési szilárdságát?

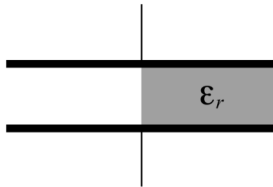
13.

Egy $0.2\mu\text{F}$ kapacitású síkkondenzátor fegyverzetei 0.5m^2 területűek, a fegyverzetek közötti térrészt kitöltő szigetelő relatív dielektromos állandója 3. A kondenzátort 600V feszültségre kapcsoljuk.

- (a) Mekkora a töltés a fegyverzeteken?
- (b) Mekkora indukált töltés jelenik meg a fegyverzetek közötti szigetelő felületén?
- (c) Mekkora az elektromos térerősség a szigetelőben?

14.

Egy ϵ_r relatív dielektromos állandójú szigetelő egy síkkondenzátor fegyverzetei közötti térrésznek csak a felét tölti ki, az alábbi ábrának megfelelő módon. A kondenzátorban tárolt elektromos energiának mekkora hányada tárolódik a szigetelőben?



Elektromos áram

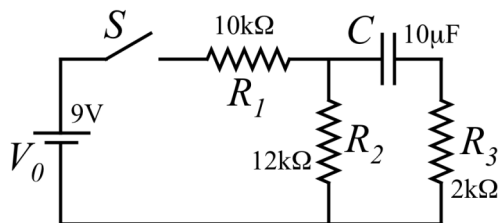
15.

Mekkora egy olyan vezetékdarab ellenállása, amely csonkakúp alakú, L hosszúságú, a két véglapjának sugara r_1 és r_2 , és ρ fajlagos ellenállású tömör fémből készült?

16.

Az ábrán látható áramkörben a kondenzátor kezdetben töltésmentes. A $t = 0$ időpontban zárjuk az S kapcsolót.

- (a) Mekkora feszültség esik és mekkora áram folyik az egyes áramköri elemeken közvetlenül a kapcsoló zárása után?
- (b) Mekkora feszültség esik és mekkora áram folyik az egyes áramköri elemeken a stacionárius állapotban (a $t \rightarrow \infty$ határesetben)?



Mágnesség

17.

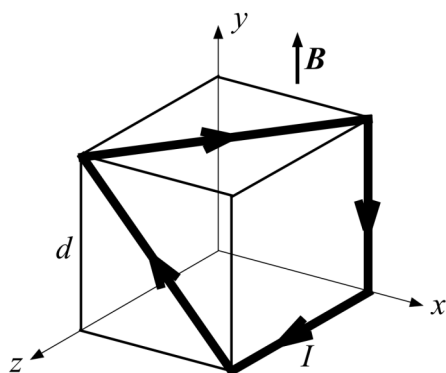
A magnetron által kisugárzott mikrohullám frekvenciáját a magnetron mágneses erőterében keringő elektronok ún. ciklotron-frekvenciája határozza meg. Mekkora legyen a magnetron belsejében a mágneses indukció, ha 5cm-es hullámhosszú mikrohullámot akarunk vele előállítani?

18.

Az ábrán látható kocka 50cm élhosszúságú. A vastag vonallal ábrázolt dróthurkon $I = 2A$ áram folyik a nyíl irányában. A kocka által elfoglalt térrészben $B = 0.01T$ indukciójú homogén mágneses tér van, amelynek iránya a $+y$ tengellyel párhuzamos.

(a) Mekkora nagyságú és milyen irányú erők hatnak a dróthurok egyes egyenes szakaszaira?

(b) Mekkora nagyságú és milyen irányú erő hat a dróthurok egészére?



19.

Egy R sugarú, köralakú, vékony fémhurokban I áram folyik.

(a) Mekkora mágneses indukciót kelt a köráram a tengelye mentén, a középponttól mért x távolság függvényében?

(b) Hogyan függ a mágneses indukció x -től az $x \gg R$ határesetben? (Hasonlítsuk össze a kapott eredményt az elektromos dipólus távolterének távolságfüggésére kapott képlettel.)

(c) Mekkora a mágneses indukció a fémhurok középpontjában?

20.

Egy R sugarú szigetelő korong σ homogén töltéssűrűséggel rendelkezik. A korongot a tengelye körül ω szögsebességgel forgatjuk. Mekkora a forgó korong mágneses dipólmomentuma?

21.

Egy hosszú egyenes vezetőben I áram folyik. A vezetőtől b távolságra a oldalhosszúságú négyzet alakú fémhurok helyezkedik el. A fémhurok és a hosszú egyenes vezető egy síkban vannak. Mekkora a mágneses indukció fluxusa a fémhurok teljes felületére?

22.

Egy R ellenállású, a oldalhosszúságú négyzet alakú fémhurok egy B indukciójú homogén mágneses erőter irányára merőleges felületen fekszik. A hurkot Δt idő alatt 180° -kal átfordítjuk.

(a) Mekkora átlagos feszültség indukálódott az átfordítás ideje alatt a fémhurokban?

(b) Mekkora töltés haladt át ezalatt a fémhurkon?

23.

Egy 12V-os telepet sorba kapcsolunk egy 6Ω-os ellenállással és egy 5H induktivitású tekercsel, és megvárjuk, amíg az áramerősség állandósul. Számítsuk ki ekkor

- (a) a telep által leadott teljesítményt,
- (b) az ellenálláson disszipált teljesítményt,
- (c) a tekercsen disszipált teljesítményt,
- (d) a tekercsben mágneses erőterében tárolt energiát.

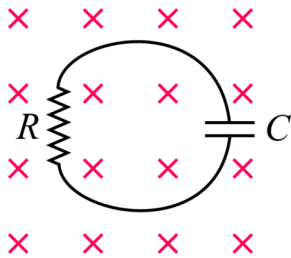
24.

Egy 10Ω ellenállású, 20cm átmérőjű kör alakú fémhurok egy asztallapon fekszik. A Föld mágneses indukciója 48μT, és iránya az asztallappal 65°-os szöget zár be. Mekkora töltés halad át a fémhurkon, ha azt 180°-kal átfordítjuk?

25.

Az ábrán látható áramkör homogén mágneses térbe van helyezve, amelyben erővonalai az áramkör síkjára merőlegesek, és az ábrán befelé mutatnak. A mágneses indukció nagysága a $B(t) = B^* - K \cdot t$ időfüggvény szerint változik, ahol K pozitív konstans.

- (a) Mekkora töltésre töltődik fel a kondenzátor?
- (b) A kondenzátor melyik lemezén lesz pozitív és melyiken negatív a töltés?



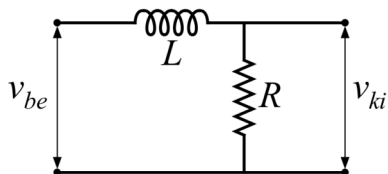
26.

Egy 30cm hosszú, 1cm átmérőjű, 1000 menetű szolenoidban 20mA áram folyik. Mekkora a szolenoid középpontjában a H mágneses térerősség és a B mágneses indukció,

- (a) ha a szolenoid légmagos, és
- (b) ha a szolenoidot olyan vasmag tölti ki, amelynek telítési szuszceptibilitása 3000, és amely a jelen kísérletben 80%-ig telítődött?

27.

Mutassuk meg, hogy az ábrán látható RL -áramkörben a v_{ki} kimenő feszültség közelítőleg arányos a bemenő feszültség idő szerinti integráljával, ha $R \ll \omega_{min}L$, ahol ω_{min} a bemenő feszültség időfüggvényében előforduló legkisebb körfrekvencia-komponens.



Optika

28.

Egy impulzuslézer 5ns időtartamú, 1J energiájú, 2mm átmérőjű fényimpulzusokat bocsát ki.

- (a) Mekkora egy fényimpulzus hossza?
- (b) Mekkora egy fényimpulzus energiasűrűsége?
- (c) Egy fényimpulzuson belül mekkora a szinuszosan változó elektromos és a mágneses térerősség amplitúdója?

29.

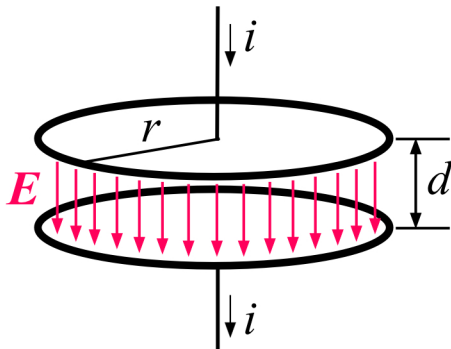
Egy 20mW teljesítményű HeNe lézer (amelynek hullámhossza $\lambda = 633\text{nm}$) 2mm átmérőjű folytonos fénynyalábot bocsát ki.

- (a) Mekkora a nyaláb 1 méteres szakaszának energiája és impulzusa?
- (b) Mekkora a nyalábban az elektromos térerősség amplitúdója?

30.

Egy síkkondenzátort, amelynek fegyverzetei körlapok, i árammal töltjük.

- (a) Milyen irányba mutat a Poynting-vektor a kondenzátor feltöltése közben?
- (b) A Poynting-vektor felületmenti integrálásával számítsuk ki a kondenzátor töltése közben a fegyverzetek közé beáramló teljesítményt.
- (c) Mutassuk meg, hogy a (b) pontban kiszámolt teljesítmény egyenlő a kondenzátorban tárolt elektromos energia növekedési ütemével.



31.

Egy kocka alakú tömör üvegtömb hat lapja közül öt feketére van festve, a hatodik átlátszó. Az üvegekocka belsejében, az átlátszó lap közelében van egy pontszerű fényforrás, amely azonos intenzitással sugároz minden irányban. A fényforrás által kibocsátott fény hány százaléka hagyja el az üvegekocka átlátszó lapját? (Az üveg törésmutatója $n = 1.5$.)

32.

Egy n törésmutatójú üvegből készült, D átmérőjű optikai szálból körívet hajlítunk, és a szál elülső lapját merőlegesen megvilágítjuk. Legalább mekkorának kell lennie a körív sugarának ahhoz, hogy az összes bejövő fénysugár teljes visszaverődést szenvedjen a szál belsejében?

33.

Kettős rés világítunk meg 633nm hullámhosszúságú fényvel, és megfigyeljük az ernyőn kialakult interferenciaképet. Ezután egy vékony üveglemezt ($n = 1.5$) helyezünk az egyik résre. Azt látjuk, hogy az ernyőn az interferenciakép főmaximuma oda tolódik el, ahol az eredeti elrendezésben a nyolcadrendű maximum volt. Milyen vastag az üveglemez?

34.

Egy rést 514nm hullámhosszúságú fénnel világítunk meg. Mekkora a rés szélessége, ha a 3m távolságra levő ernyőn az interferenciakép központi maximuma 1cm szélességű?

35.

Két polárszűrőt keresztezett állásban helyezünk egymásra. Ekkor a szűrők nem eresztenek át fényt. Ezután egy harmadik polárszűrőt helyezünk közéjük, amelynek a transzmissziós tengelye az első polárszűrőével 60° -os szöget zár be. A beeső polarizálatlan fény hány százalékát ereszt át a három polárszűrő együttese?

A fény részecsketermészete

36.

Az átlagos emberi szem az 555nm hullámhosszú fényenél a legnagyobb érzékenységgű. Mekkora annak a feketetestnek a hőmérséklete, amelynek a spektrális teljesítményeloszlása ezen a hullámhosszon a maximális?

37.

Nátriumra a fényelektromos hatás küszöbhullámhossza 451nm. Számítsuk ki a nátrium kilépési munkáját eV-ban.

38.

Egy 600keV energiájú foton összeütközik egy nyugalomban levő szabad elektronnal, és az ütközés után az eredeti pályaegyeneséhez képest 20° -os szögben szóródik.

- (a) Mekkora az ütközés előtt a foton hullámhossza?
- (b) Mekkora a szórodott foton hullámhossza és energiája?
- (c) Mekkora mozgási energiát nyert az elektron az ütközésben?

Részecskék hullámtermészete

39.

Egy mozgó proton de Broglie-hullámhossza 0.3nm.

- (a) Mekkora a sebessége?
- (b) Mekkora a mozgási energiája?

40.

Egy potenciálfal magassága $U = 6\text{eV}$, szélessége $D = 900\text{pm}$. Egy $E = 5.5\text{eV}$ energiájú elektron közeledik a potenciálfalhoz. A klasszikus fizika szerint az elektron nem képes áthaladni a potenciálfalon, mert $E < U$. A kvantummechanika – és a kísérleti eredmények – szerint azonban az elektron nemnulla valószínűséggel képes áthaladni a potenciálfalon. (Ez az ún. alagúthatás.)

- (a) Mekkora a fenti esetben ez az áthaladási valószínűség?
- (b) Ha a potenciálfal szélességét tízszeresére növeljük, milyen arányban csökken az elektron áthaladási valószínűsége?

41.

Egy gázban az atomokat 2eV energiával lehet az alapállapotból a gerjesztett állapotba vinni, ahol az atomok átlagosan 1.5 μs időt töltenek el, mielőtt spontán emisszió útján visszakerülnének az alapállapotba.

- (a) Mekkora a spontán emisszió útján kibocsátott fotonok frekvenciája és hullámhossza?
- (b) Mekkora a kibocsátott fotonok frekvenciájának bizonytalansága?
- (c) Mekkora a gáz által kibocsátott fény relatív vonalkiszélesedése?

42.

Amikor egy gerjesztett atom az alapállapotba visszajutva fotonot bocsát ki, az átmenet ΔE energiája nem teljes egészében fordítódik a foton keltésére, mert valamilyen hányada az atom visszalökésével járó mozgási energiát fedezi. Mutassuk meg, hogy ez a hányad közelítőleg $\Delta E/2mc^2$, ahol m az atom tömege. (A levezetés során használjuk azt a – jogos – feltevést, hogy $\Delta E \ll mc^2$.)

Speciális relativitáselmélet

43.

Egy 100m hosszú űrhajó balról jobbra elszáguld egy űrállomás mellett, 0.7c sebességgel. Egy másik 100m hosszú űrhajó jobbról balra száguld el az űrállomás mellett, 0.8c sebességgel. [Az űrhajók fenti hosszát a saját nyugalmi vonatkoztatási rendszerükben mérve adtuk meg, a két megadott sebesség pedig az űrállomáshoz viszonyítva értendő.]

- (a) Mekkora a két űrhajó egymáshoz viszonyított sebessége?
- (b) Mekkora hosszúságúnak mérik az űrhajók egymást?

44.

Egy m tömegű, kezdetben $v_0 = 0.8c$ sebességű részecske impulzusát a kétszeresére növeljük.

- (a) Mekkora lett a részecske sebessége?
- (b) Mekkora munkavégzésre volt szükségünk a részecske felgyorsításához?

A feladatot oldja meg a klasszikus mechanika alapján, majd a (helyes) relativisztikus mechanika alapján is.