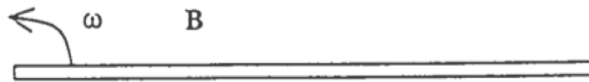


- Kaksi positiivisesti varautunutta eristepalloa ovat toisistaan 1 m etäisyydellä (niiden keskipisteet). Molempien pallojen säde on 1 cm ja niissä on varaustiheys 10 mC/m^3 .
 - Kuinka suuri on varauspallojen toisiinsa kohdistama voima?
 - Minkä työn teet kun siirrät pallot 0.5 m etäisyydelle toisistaan? Kuinka suuri voima on tässä tapauksessa?
- Sylinterisymmetrisen johteen (säde 1 cm) päällä on 1 cm paksu eristekerros ($\epsilon = 2.5$). Eristekerroksen päällä on 2 mm:n ilmarako ja sen jälkeen taas 1 cm:n eristekerros ($\epsilon = 2.5$). Tämän päällä on johdepinta (suojaverkko). Määritä tämän koaksiaalikaapelin kapasitanssi pituusyksikköä kohden.
- Metallitanko, jonka pituus on 1 m, pyörii toisen päänsä kautta kulkevan akselin ympäri kulmanopeudella $\omega = 12 \text{ rad/s}$ tasossa, joka on kohtisuorassa magneettikenttää $B = 1 \text{ T}$ vastaan (Kuva 1). Laske tangon päiden välinen smv. Tanko pyörii vastapäivään ja B osoittaa katsojaan päin. Kumpi pää on negatiivinen (osoita/perustele)?

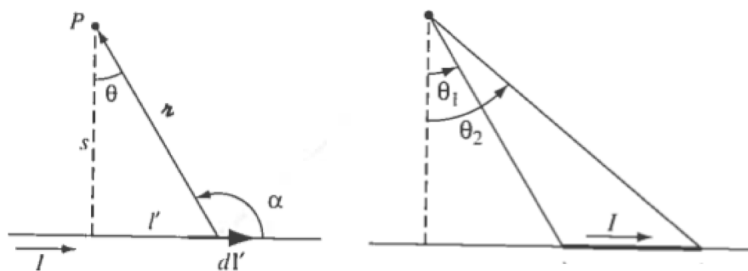


Kuva 1

- Osoita Biot-Savartin lauseen avulla, että kuvan 2 asetelman mukaisessa tilanteessa suoran virtajohtimen (kulmat määrittävät johtimen pituuden), jossa kulkee virta I , tuottama magneettikenttä pisteessä P on

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi s} (\sin \theta_2 - \sin \theta_1).$$

Vihje: Muista, että $\tan \theta$ derivaatta on $1/\cos^2 \theta$.



Kuva 2

- Laserin keskimääräinen valoteho on 100 mW. Jos intensiteetti on tasaisesti jakautunut ja pyöreän valoikeilan halkaisija on 0.5 mm kuinka suuret ovat E - ja B -kenttien amplitudit?

Fundamental Physical Constants — Frequently used constants

Quantity	Symbol	Value	Unit	Relative std. uncert. u_r
speed of light in vacuum	c, c_0	299 792 458	m s^{-1}	(exact)
magnetic constant	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	N A^{-2}	(exact)
electric constant $1/\epsilon_0 c^2$	ϵ_0	$= 12.566 370 614 \dots \times 10^{-12}$	N A^{-2}	(exact)
Newtonian constant of gravitation	G	$8.854 187 817 \dots \times 10^{-12}$	F m^{-1}	(exact)
Planck constant $h/2\pi$	$\hbar$	$6.673(10) \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$	1.5×10^{-3}
elementary charge	e	$6.626 068 76(52) \times 10^{-34}$	J s	7.8×10^{-8}
magnetic flux quantum $h/2e$	Φ_0	$1.054 571 596(82) \times 10^{-34}$	J s	7.8×10^{-8}
conductance quantum $2e^2/h$	G_0	$1.602 176 462(63) \times 10^{-19}$	C	3.9×10^{-8}
electron mass	m_e	$2.067 833 636(81) \times 10^{-15}$	Wb	3.9×10^{-8}
proton mass	m_p	$7.748 091 696(28) \times 10^{-5}$	S	3.7×10^{-9}
proton-electron mass ratio	m_p/m_e	$9.109 381 88(72) \times 10^{-31}$	kg	7.9×10^{-8}
fine-structure constant $e^2/4\pi\epsilon_0\hbar c$	α	$1.672 621 58(13) \times 10^{-27}$	kg	7.9×10^{-8}
inverse fine-structure constant	α^{-1}	$1.836 152 6675(39)$		2.1×10^{-9}
Rydberg constant $\alpha^2 m_e c/2\hbar$	R_∞	$7.297 352 533(27) \times 10^{-3}$		3.7×10^{-9}
Avogadro constant	N_A, L	$137.035 999 76(50)$		3.7×10^{-9}
Faraday constant $N_A e$	F	$10973 731.568 549(83)$	m^{-1}	7.6×10^{-12}
molar gas constant	R	$6.022 141 99(47) \times 10^{23}$	mol^{-1}	7.9×10^{-8}
Boltzmann constant R/N_A	k	$96 485.3415(39)$	C mol^{-1}	4.0×10^{-8}
Stefan-Boltzmann constant $(\pi^2/60)\hbar^2 c^2$	σ	$8.314 472(15)$	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$	1.7×10^{-6}
electron volt: $e(C) \text{ J}$	eV	$1.380 6503(24) \times 10^{-23}$	J K^{-1}	1.7×10^{-6}
(unified) atomic mass unit $1 \text{ u} = m_u = \frac{1}{12} m(^{12}\text{C})$	u	$5.670 400(40) \times 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$	7.0×10^{-6}
$= 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}/N_A$				

Non-SI units accepted for use with the SI

VECTOR IDENTITIES^a

Notation: f, g , are scalars; $\mathbf{A}, \mathbf{B}$, etc., are vectors; $\mathbf{T}$ is a tensor; $\mathbf{i}$ is the unit dyad.

- (1) $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} \times \mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B} \cdot \mathbf{C} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{C} \times \mathbf{A} = \mathbf{B} \times \mathbf{C} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{A} \times \mathbf{B} = \mathbf{C} \times \mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$
- (2) $\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) = (\mathbf{C} \times \mathbf{B}) \times \mathbf{A} = (\mathbf{A} \cdot \mathbf{C})\mathbf{B} - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})\mathbf{C}$
- (3) $\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) + \mathbf{B} \times (\mathbf{C} \times \mathbf{A}) + \mathbf{C} \times (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = 0$
- (4) $(\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{C} \times \mathbf{D}) = (\mathbf{A} \cdot \mathbf{C})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{D}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{D})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{C})$
- (5) $(\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \times (\mathbf{C} \times \mathbf{D}) = (\mathbf{A} \times \mathbf{B} \cdot \mathbf{D})\mathbf{C} - (\mathbf{A} \times \mathbf{B} \cdot \mathbf{C})\mathbf{D}$
- (6) $\nabla(fg) = f\nabla g + g\nabla f$
- (7) $\nabla \cdot (f\mathbf{A}) = f\nabla \cdot \mathbf{A} + \mathbf{A} \cdot \nabla f$
- (8) $\nabla \times (f\mathbf{A}) = f\nabla \times \mathbf{A} + \nabla f \times \mathbf{A}$
- (9) $\nabla \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = \mathbf{B} \cdot \nabla \times \mathbf{A} - \mathbf{A} \cdot \nabla \times \mathbf{B}$
- (10) $\nabla \times (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = \mathbf{A}(\nabla \cdot \mathbf{B}) - \mathbf{B}(\nabla \cdot \mathbf{A}) + (\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{A} - (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B}$
- (11) $\mathbf{A} \times (\nabla \times \mathbf{B}) = (\nabla \mathbf{B}) \cdot \mathbf{A} - (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B}$
- (12) $\nabla(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) = \mathbf{A} \times (\nabla \times \mathbf{B}) + \mathbf{B} \times (\nabla \times \mathbf{A}) + (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B} + (\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{A}$
- (13) $\nabla^2 f = \nabla \cdot \nabla f$
- (14) $\nabla^2 \mathbf{A} = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla \times \nabla \times \mathbf{A}$
- (15) $\nabla \times \nabla f = 0$
- (16) $\nabla \cdot \nabla \times \mathbf{A} = 0$

If $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ are orthonormal unit vectors, a second-order tensor $\mathbf{T}$ can be written in the dyadic form

$$(17) \quad \mathbf{T} = \sum_{i,j} T_{ij} \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j$$

In cartesian coordinates the divergence of a tensor is a vector with components

$$(18) \quad (\nabla \cdot \mathbf{T})_i = \sum_j (\partial T_{ji} / \partial x_j)$$

[This definition is required for consistency with Eq. (29)]. In general

$$(19) \quad \nabla \cdot (\mathbf{A}\mathbf{B}) = (\nabla \cdot \mathbf{A})\mathbf{B} + (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B}$$

$$(20) \quad \nabla \cdot (f\mathbf{T}) = \nabla f \cdot \mathbf{T} + f\nabla \cdot \mathbf{T}$$