1 Aufgabe

Multiple choice:

- Welche „Bewegung“ führen die retardierten Potentiale bei Abwesenheit von Strömen und Ladungen durch?
  ☐ Sie sind komplett Null
  ☐ Wellenbewegung
  ☐ Sie sind konstant
  ☐ Kreisbahnen

- Wer verrichtet Arbeit, wenn eine Leiterschleife mit konstanter Geschwindigkeit aus einem homogenen Magnetfeld gezogen wird?
  ☐ Das Magnetfeld
  ☐ Der, der zieht.
  ☐ Das elektrische Feld

- Eine Leiterschleife mit einer Spannungsquelle, die für konstanten Strom sorgt, befindet sich in einem Magnetfeld. Dieses ist so orientiert , dass die Leiterschleife durch die Lorentkraft gegen die Gewichtskraft nach oben gehoben wird. Wer verrichtet Arbeit?
  ☐ Niemand
  ☐ Das Magnetfeld
  ☐ Die Spannungsquelle
  ☐ Die Schleife verliert Masse und damit potentielle Energie.

- Warum verwendet man die avancierten Potentiale nicht als Lösung?
  ☐ Wegen des Kausalitätsprinzips
  ☐ Sie widersprechen der speziellen Relativitätstheorie.
  ☐ Sie sind singulär am Zeitursprung
  ☐ Sie divergieren

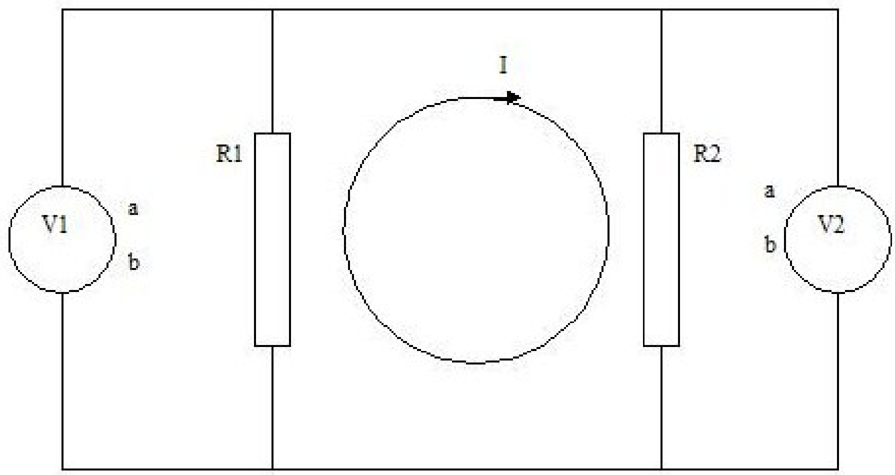
- Auf welcher Bahnkurve bewegt sich ein positiv geladenes Teilchen, dass ich in einem Feld $\vec{E} = |E|\,\hat{e}_y$ und $\vec{B} = |B|\,\hat{e}_x$ befindet? Zur Anfangszeit ruht das Teilchen.
  ☐ Kreisbahn
  ☐ Parabel
  ☐ Zykloide
  ☐ Gerade
  ☐ Schraubenlinie

2 Aufgabe

Zu einer Randlinie (entspricht Leiterschleife) gibt es unendlich viele Oberflächen. Warum ist es für den magnetischen Fluss $\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{a}$ egal, welche zur Integration verwendet wird?

3 Aufgabe

Betrachte die folgende Anordnung: Der Strom in der Spule wird so geändert,



dass der magnetische Fluss $\Phi(t) = \alpha t$ ist. Die beiden Spannungsmessgeräte V_1 und V_2 messen das Intergal $\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$. Berechne die Spannungen an den Widerständen $R1$ und $R2$. Die Spannugsmessgeraäte sind ideal, es fließt also kein Strom durch sie hindurch.

4 Aufgabe

Es gibt eine Möglichkeit das magnetische Feld eines unendlich langen Drahtes über den maxwellschen Verschiebungsstrom $\vec{j}_v$ herzuleiten. Nimm dazu einen unendlich langen Draht entlang der z-Achse an. Auf diesem fließt ein stetiger Strom $I = \lambda v$, wobei λ die Linienladungsdichte ist. Der Strom hat eine winzige Lücke der Länge ϵ, welche zur Zeit $t = 0$ den Ursprung erreicht. Im nächsten Moment (bis zu einer Zeit $t = \frac{\epsilon}{v}$) fließt kein realer Strom durch die x-y-Ebene, aber ein Verschiebungsstrom, der durch die "fehlende" Ladung hervorgerufen wird.

a) Berechne mit dem Coulombschen Gesetz die z-Komponente des elektrischen Feldes an einem Punkt P in der x-y-Ebene, der den Abstand s vom Ursprung hat. Dieses Feld wird hervorgerufen durch einen Abschnitt des Drahtes mit Linienladungsdichte $-\lambda$ zwischen den Punkten $z_1 = vt - \epsilon$ und $z_2 = vt$ (Achtung: Wo liegen diese Punkte im Zeitintervall $\left[0, \frac{\epsilon}{v}\right]$?)

b) Bestimme den Fluss dieses elektrischen Feldes durch einen Kreis mit Radius a in der x-y-Ebene.

c) Berechne den Verschiebungsstrom I_v. Zeige das $I_v = I$, wenn die Breite der Lücke ϵ gegen Null geht.

5 Aufgabe

Gegeben ist ein dicker Draht mit Radius a und einer kleinen Lücke w. Im Draht fließt ein konstanter Strom I, der räumlich gleichmäßig ausgedehnt ist.

a) Bestimme die elektrischen und magnetischen Felder in der Lücke in Abhängigkeit der Zeit t und des Abstandes zur Achse s unter der Annahme, dass zum Zeitpunkt $t = 0$ keine Ladung auf der Oberfläche vorhanden ist.

Hinweis: in Zylinderkoordinaten gilt: $\nabla \cdot \vec{v} = \frac{1}{s}\frac{\partial}{\partial s}\left(s v_s\right) + \frac{1}{s}\frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial v_z}{\partial z}$

b) Finde u_{em} und den Poynting-Vektor $\vec{S}$ in der Lücke. Welche Richtung hat $\vec{S}$? Ist die Energie lokal erhalten?

c) Berechne den Gesamtenergiegehalt in der Lücke sowie die Leistung, die in die Lücke fließt. Passt sie mit der zeitlichen Änderung der Gesamtenergie zusammen?

6 Aufgabe

Weise die Gleichung aus der Vorlesung nach:

$$(\nabla \cdot \mathbf{T})_j = \epsilon_0 \left[\left(\nabla \cdot \vec{E}\right) E_j + \left(\vec{E} \cdot \nabla\right) E_j - \frac{1}{2}\partial_{x_j} E^2\right] +$$

$$\frac{1}{\mu_0}\left[\left(\nabla \cdot \vec{B}\right) B_j + \left(\vec{B} \cdot \nabla\right) B_j - \frac{1}{2}\partial_{x_j} B^2\right]$$

7 Aufgabe

a) Gegeben sind zwei gleiche Ladungen q, die sich im Abstand 2a von einander befinden. Finde die Symmetrieebene S und berechne das Oberflächenintegral $\int \mathbf{T} \cdot d\vec{a}$ um die Kraft auf jeweils eine der Ladungen zu bestimmen. Was ist mit dem Rest der *geschlossenen* Oberfläche? Wie kommt das Vorzeichen zustande?
Hinweis:

$$\int_0^\infty dt \frac{t^3}{\left(u^2 + t^2\right)^3} = \frac{1}{4u^2}$$

b) Führe die gleiche Rechnung mit q und $-q$ durch.

8 Aufgabe

a) Gegeben sind die Potentiale:

$$V\left(\vec{r}, t\right) = 0 \;\text{ und }\; \vec{A}\left(\vec{r}, t\right) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qt}{r^2}\hat{e}_r$$

Bestimme die zugehörigen Felder.

b) Verwende die Eichfunktion:

$$\lambda = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qt}{r}$$

Berechne die neuen Potentiale und interpretiere das Ergebnis.

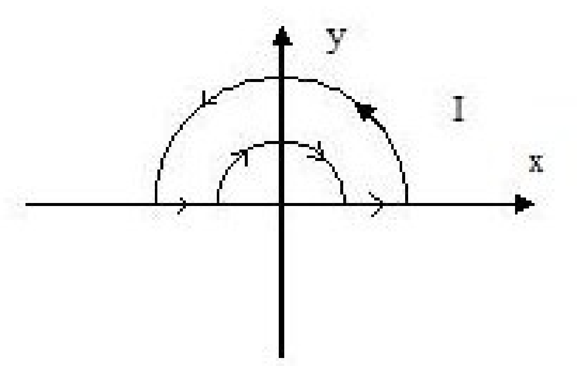
9 Aufgabe

Zeige, dass es immer ein λ gibt, um das Vektorpotential auf Lorentz-Eichung zu bringen.

Hinweis: Suche eine Darstellung für λ, welche der Poisson-Gleichung entspricht und nutze deren Lösungstruktur.

10 Aufgabe

Gegeben ist folgender gebogener Draht: Im Draht fließt ein Strom $I(t) = kt$. Der



innere Radius sei a und der äußere b. Berechne das skalare sowie das vektorielle Potential und das elektrische Feld am Ursprung. Warum kann man nicht auch das magnetische Feld auf diese Weise berechnen?

11 Aufgabe

Ein Ring aus Plastik mit Radius a besitzt die Linienladungsdichte $\lambda = \lambda_0 \left|\sin\frac{\phi}{2}\right|$. Er rotiert um seine Achse mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω. Berechne die retardierten Potentiale an seinem Mittelpunkt.

Hinweis:
$\sin(x+y) = \sin x \cos y + \sin y \cos x$
$\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$