Aufgabe 1: Kurzaufgaben $\boxed{\textbf{10 P}}$

(a) $\boxed{1\text{ P}}$ Wie ist das skalare elektrische Potential von einer Ladungsdichte $\rho(\vec{r'})$ im ansonsten leeren Raum definiert?

(b) $\boxed{2\text{ P}}$ Formulieren Sie die Maxwell-Gleichungen der Magnetostatik in *entweder* differentieller *oder* integraler Form.

(c) $\boxed{1\text{ P}}$ Sind die Ladungsdichte und die Stromdichte voneinander unabhängig?

(d) $\boxed{2\text{ P}}$ Nennen Sie zwei Postulate der speziellen Relativitätstheorie.

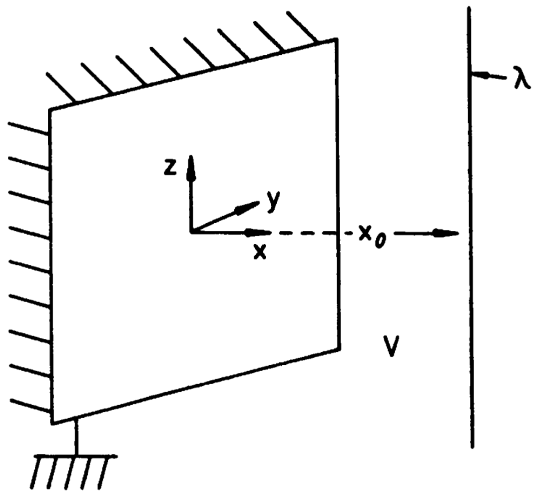
(e) $\boxed{1\text{ P}}$ Wie verhält sich die quantenmechanische Wellenfunktion eines Teilchens in einer Raumdimension im *klassisch verbotenen* Gebiet?

(f) $\boxed{1\text{ P}}$ Wie lautet der Hamilton-Operator des harmonischen Oszillators?

(g) $\boxed{1\text{ P}}$ Sind der Erzeugungs- und der Vernichtungsoperator a und $a^\dagger$ vertauschbar? Wenn nicht, welche Kommutatorrelation erfüllen sie?

(h) $\boxed{1\text{ P}}$ Wie sind Transmissions- und Reflexionskoeffizienten T und R durch Stromdichten definiert? Welche physikalisch Information vermitteln sie?

Aufgabe 2: Gerader Draht und Geerdte Platte $\boxed{\textbf{10 P}}$



Ein gerader, langer, dünner Draht, der gleichmäßig geladen ist (λ = Ladung pro Längeneinheit) befindet sich im Abstand x_0 parallel zu einer sehr großen, geerdeten Metallplatte.

(a) $\boxed{4\text{ P}}$ Berechnen Sie das skalare Potential φ des Drahtes zunächst **ohne** Metallplatte (Hinweis: Gaußscher Satz mit **passenden** Symmetrieüberlegungen).

(b) $\boxed{3\text{ P}}$ Bestimmen Sie dann für die gegebene Anordnung das Potential φ im Halbraum V rechts der Platte mit Hilfe der Bildladungsmethode.

(c) $\boxed{3\ \mathrm{P}}$ Wie großist die influenzierte Flächenladungsdichte auf der Platte?

Aufgabe 3: Relativitätstheorie $\boxed{8\ \mathrm{P}}$

(a) $\boxed{3\ \mathrm{P}}$ Σ, Σ' seien zwei Inertialsysteme, die sich mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = v\vec{e}_z$, relativ zueinander bewegen. Ein Teilchen habe in Σ die Geschwindigkeit

$$\vec{u} = (u_x, u_y, u_z) = \Big(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}, \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}, \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\Big).$$

Zeigen Sie:

$$\begin{aligned} u'_x &= \frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t'} = \frac{1}{\gamma}\frac{u_x}{1-\frac{vu_z}{c^2}}, \\ u'_y &= \frac{\mathrm{d}y'}{\mathrm{d}t'} = \frac{1}{\gamma}\frac{u_y}{1-\frac{vu_z}{c^2}}, \\ u'_z &= \frac{\mathrm{d}z'}{\mathrm{d}t'} = \frac{u_z - v}{1-\frac{vu_z}{c^2}}. \end{aligned}$$

(b) $\boxed{5\ \mathrm{P}}$

(i) *(2 P)* Es gelte $\vec{u} = (0, c, 0)$. Zeigen Sie:

$$\vec{u'} = \frac{\mathrm{d}\vec{x'}}{\mathrm{d}t'} = c\Big(0, \frac{1}{\gamma}, -\beta\Big)$$

(ii) *(3 P)* Es gelte $\vec{u}^2 = c^2$. Zeigen Sie:

$$\vec{u'}^2 = c^2$$

Aufgabe 4: Elektrische Feldstärken $\boxed{12\ \mathrm{P}}$

Der Raum zwischen zwei konzentrischen Kugeln mit dem Radius R_i und R_a ($R_i < R_a$) set mit der Dichte

$$\rho(\vec{r}) = \begin{cases} \frac{\alpha}{r^2} & \text{für } R_i < r < R_a \, (\alpha > 0)\,, \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

geladen.

(a) $\boxed{2\ \mathrm{P}}$ Zeigen Sie, dass die Gesamtladung ist:

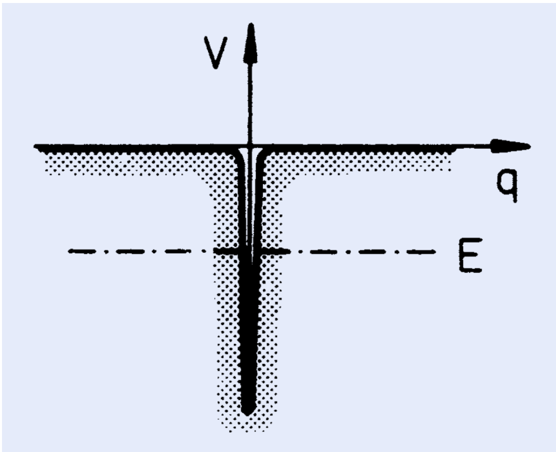
$$Q = 4\pi\alpha(R_a - R_i)$$

(b) $\boxed{5\ \mathrm{P}}$ Berechnen Sie für diese Ladungsdichte die elektrische Feldstärke $\vec{E}(\vec{r})$ in den drei Raumbereichen:

- $0 \leq r < R_i$
- $R_i \leq r < R_a$
- $R_a < r$

(c) $\boxed{5\text{ P}}$ Berechnen Sie nun das elektrostatische Potential in den drei Raumbereichen.

Aufgabe 5: Delta-Potential $\boxed{\textbf{10 P}}$



Betrachtet werde die eindimensionale Bewegung eines Teilchens der Masse m in einem $\delta-$Potential:

$$V(q) = -V_0\delta(q); \qquad V_0 > 0.$$

Berechnen Sie die normierten Eigenfunktionen der gebundenen Zustände. Wie viele Zustände gibt es in Abhängigkeit von V_0?
Setzen Sie bei der Lösung voraus, dass die gesuchte Wellenfunktion $\varphi(q)$ sich trotz des *unphysikalischen* Potentials überall *physikalisch vernünftig* verhält, das heißt zum Beispiel, die wichtige statistische Interpretation zuläßt.