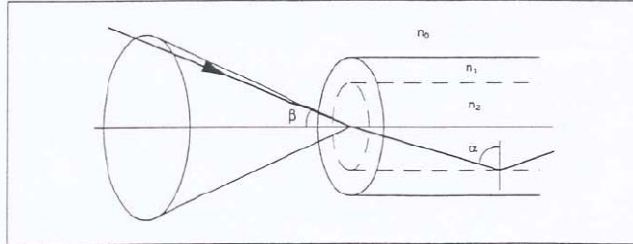


Tentamen i Vågor och partiklar, SK1131, 17 december 2009

Tillåtna hjälpmedel: Fundamentals of Physics, eget formelblad (en A4, fram- och baksida), tabell, räknedosa, linjal, penna och papper.

I år har Charles Kao fått Nobelpriset i fysik för sitt grundläggande arbete om fiberoptik. Låt oss inspireras.

1. Principen för ljusledning i fibrer är totalreflexion. Kärnan i fibern har drygt 1% högre brytningsindex ($n_2 = 1.48$) än den skyddande glasmanteln ($n_1 = 1.46$), se figuren. Utgå från totalreflexionsvillkoret och beräkna konvinkeln β vilken är den högsta vinkel som ljuset kan komma in i fibern och vågledas. (4P)



2. Du kan se ljus som kommer ut från en fiber som ljuset från en cirkulär öppning. Om våglängden är 1550 nm och konvinkeln $\beta = 20^\circ$ (där intensiteten gått ner till noll), vilken kärndiameter har då fibern? (4P)

3. En laserdiod med utgångsöppningen $1 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$ skall förstöras 2 ggr. med hjälp av en lins med $f = 5 \text{ mm}$ för att matcha en fiber med kärndiametern $6 \mu\text{m}$ så att maximalt mängd ljus kommer in i fibern. Vilket avstånd skall du ha mellan lasern och linsen resp. linsen och fibern? Rita en bild! (4P)

4. En slutsats som Charles Kao drog var att endast sk. singelmodfibrer är lämpade för höghastighetskommunikation. För singelmodfibrer är pulsens bredd i våglängd och glasets dispersionen den begränsande faktorn för överföringskapaciteten. Kao räknade ut att modulationshastigheten på fiber vida skulle kunna överstiga 1 Gbit/s (dvs. en pulslängd Δt på 0.5 ns). Våglängdsbreddning kan komma från olika fenomen där den absoluta begränsningen kommer från osäkerhetsrelationen ($\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$). Räkna ut våglängdsbreddningen p.g.a. osäkerhetsrelationen vid signalvåglängden 1550 nm och "signalhastigheten" 1 Gbit/s? (4P)

5. ^{14}C sönderfaller med β^- sönderfall till ^{14}N med en halveringstid på 5730 år. ^{14}C skapas i atmosfären genom kärnreaktioner med den kosmiska strålningen och reagerar kemiskt precis som vanligt kol, ^{12}C gör. Förhållandet mellan ^{14}C och ^{12}C i levande materia är $1.3 \cdot 10^{-12}$. När organismen dör tillförs inget mer ^{14}C utan förhållandet $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ minskar allteftersom ^{14}C sönderfaller.

a. Vilken aktivitet ger ^{14}C kärnorna upphov till i ett prov som innehåller 1 g kol? (2P)

b. Antag att ett arkeologiskt fynd som innehåller 200 g kol har en aktivitet på 400 sönderfall per minut. Hur gammalt är fyndet? (2P)

6. I en typisk fusionsreaktion slås en deuterium (^2H) och en tritium (^3H) kärna ihop till en heliumkärna.

a) Skriv upp reaktionsformeln för processen (1P)

b) Utnyttja följande noggrant uppmätta atommassor för att beräkna energivinsten när 1 g deuterium fusionerar med 1 g tritium; $m(^2\text{H}) = 2.0141918 \text{ u}$, $m(^3\text{H}) = 3.016049 \text{ u}$, $m(\text{He}) = 4.002603 \text{ u}$ och $m(n^0) = 1.008665 \text{ u}$. (2P)

c) Hur många kg vatten kan man förånga med denna energi? (1P)

Ångbildningsvärmets för vatten är 2260 J/g