

Tentamen i Vågor och partiklar, SK1131, 10 januari 2011

Tillåtna hjälpmedel: Fundamentals of Physics, formelsamling, ett eget formelblad, räknedosa, linjal, penna och papper.

1. "Årets" julklapp var en IPAD. Den har en 25 cms diagonal och 1024 x 768 kvadratiska pixlar. När du har den i knäet och läser texten, kan du då se de individuella pixlarna? (4P)

Gör rimliga antaganden.

2. När ett föremål är placerat på den optiska axeln 1.5 m framför en konkav spegel så hamnar bilden i samma punkt som föremålet befinner sig.

a. Var hamnar bilden om föremålet flyttas 0.5 m närmare spegeln? Blir bilden reell eller virtuell (2P).

b. Om du nu flyttar föremålet ytterligare 0.5 m närmare spegeln, var hamnar bilden då? Blir den reell eller virtuell i detta fallet? (2P)

3. Grafen är det nya "heta" materialet vars upptäckt belönades med Nobelpriset i fysik i december. Det är ett 2 dimensionellt nät av kolatomer som bildar en 0.335 nm tunn mycket stark film med ett flertal unika egenskaper. Ett enda lager av grafen absorberar 2.3% av infallande ljus i det synliga området.

Bestäm absorptionskoefficienten för grafen i m^{-1} (2P)

Hur hög blir absorptionen om filmen är 50 lager grafen? (2P)

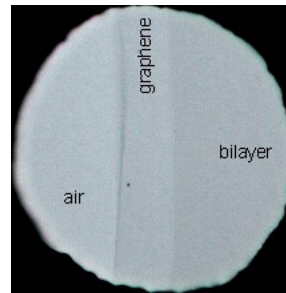
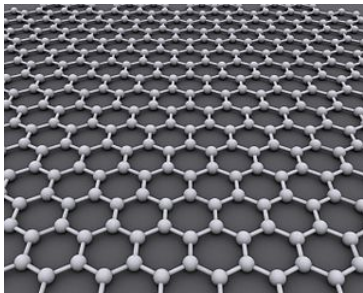
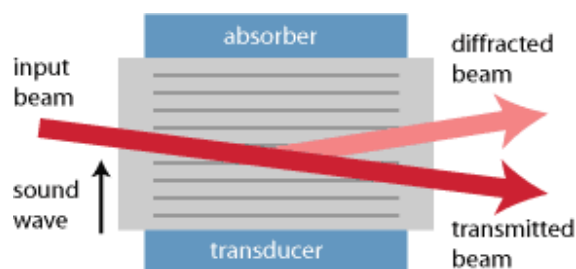


Bild av den atomära strukturen av en grafenfilm. Foto med ett lager resp. två lager grafen.

4. En akusto-optisk modulator, eller Bragg cell som den också kallas, används bl.a. för att avlänka laserstrålar i diverse instrument som t.ex. scanners. Den består av en piezo-sändare (transducer) som skickar en akustisk våg med våglängden Λ in i en kristall. Vågen skapar en periodisk brytningsindexmodulation med materialförtätningar och förtunningar. Skickar man en ljusvåg igenom kristallen under en viss vinkel α så avböjs (reflekteras) strålen med samma vinkel mot vågplanen, se bilden nedan. Du kan se detta som interferens i en stack av tunna filmer där den akustiska vågen består av en film med tjocklek $\Lambda/2$ (obetydligt högre brytningsindex, $n + \Delta n$) och en film med tjocklek $\Lambda/2$ (obetydligt lägre brytningsindex, $n - \Delta n$). Ta fram ett uttryck som visar sambandet mellan ljusets våglängd λ , kristallens brytningsindex n och den akustiska vågens våglängd Λ . (4P)

Vinkeln α är vinkeln mot planet inne i kristallen. Du behöver inte räkna ut vinkeln utanför kristallen. Δn är litet och har endast betydelse för fasskiftet och inte för strålens avlänkning.



Tentan fortsätter... vg. Vänd!

5. Vågfunktionen för grundtillståndet för väte, $1s$, är $\Psi_{1s} = 1/(\pi \cdot a^3)^{1/2} e^{-r/a}$.

a. Bevisa att denna funktion är normaliserad.

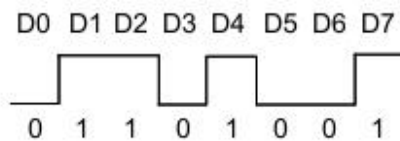
b. Vad är sannolikheten att elektronen befinner sig på ett avstånd mindre än a från kärnan? (4P)

6. Idag installeras fiberoptiska överföringslänkarna med lasersändare vid 1500 nm och en modulationsfrekvens på 40 Gb/s.

a. Hur lång är den optiska pulsen, i tiden, $\Delta\tau$, resp. i rummet, Δl , när pulsen går genom fibern? (2P)

b. Heisenbergs osäkerhetsrelation säger att man inte samtidigt kan bestämma tid och frekvens. Vilken våglängdsbredd har pulserna ifråga? (2P)

Brytningsindex för kvartsglas vid 1500 nm är ca. 1.44. Den digitala signalen med ettor och nollor ser typiskt ut så här:



Absolut onödig information för tentan men kanske av intresse för den fysikintresserade

Grafen (uttalas med betoning på e [gra'fe:n]) är ett material som till stora delar har samma egenskaper och uppbyggnad som grafit. Till skillnad från grafit utgörs grafen av en ytterst tunn skiva, endast en atom tjock. Atomerna är ordnade i ett hexagonalt mönster vilket ger materialet ett antal unika egenskaper utöver de som delas med grafit. Nobelpriset i fysik 2010 tilldelades Andre Geim och Konstantin Novoselov "för banbrytande experiment rörande det tvådimensionella materialet grafen". När koltomerna befinner sig i ett monoatomärt skikt uppträder de, till skillnad från i grafit, inte som en halvmetall med överlappande energiband. I stället bara nuddar banden varandra, och ferminivån kan påverkas med ett elektriskt fält över skiktet. Grafen är 200 gånger starkare än vanligt stål och är dessutom genomskinligt, böjligt och har en mycket god elektrisk ledningsförmåga, vilket ökar användningsmöjligheterna för materialet. Ämnet är även ogenomträngligt för både gaser och vätskor, fasta föremål kommer inte heller igenom det tunna lagret. Elektronmobiliteten hos grafen har blivit uppmätt till 200 000 cm²/Vs, vilket är 100 gånger snabbare än elektronhastigheten för kisel, och 30 gånger den för galliumarsenid.