


I'm not robot  reCAPTCHA

Continue

Ofertas de Compra Este curso básico de física universitária é projetado para estudantes das áreas de engenharia, física, matemática, química e áreas atuação. O objetivo é fazer uma discussão detalhada e completa dos conceitos e princípios básicos da física, com ênfase na compreensão de ideias fundamentais. Tem como objetivo desenvolver habilidades de intuição e raciocínio físico, além de motivar e interessar os alunos. Volume 4, Óptica, Relatividade, Física Quântica, apresenta os principais resultados da óptica geométrica, óptica de onda e óptica eletromagnética, introdução à teoria da relatividade, bem como as ideias básicas da física quântica: as linhas gerais de sua evolução histórica, a formulação cuidadosa de princípios fundamentais e a aplicação ao tratamento de sistemas simples que ilustram os efeitos quânticos mais importantes. São cerca de 130 problemas oferecidos, todos com respostas. As melhores avaliações recentes Academia.edu mais suporte para a Internet Explorer.To para Academia.edu e a internet mais ampla mais rápido e mais seguro, por favor, leve alguns segundos para atualizar o navegador. Academia.edu usa cookies para personalizar conteúdo, adaptar anúncios e melhorar a interface do usuário. Usando nosso site, você concorda com nossa coleção de informações usando cookies. Para saber mais, veja nossa Política de Privacidade.x de: R\$ 30,00 a: R\$ 200,00 de: R\$ 24,00 a: R\$ 40,00 de: R\$ 23,50 a: R\$ 209,67 por: R\$ 25,00 por: R\$ 28,50 para: R\$ 209,67 por: R\$ 25,00 por: R\$ 28,50 para: R\$ 20 33,95 por: R\$ 40,00 para: R\$ 40,00 por: R\$ 59,00 por: R\$ 60,00 por: R\$ 60,00 por: R\$ 80,00 por: R\$ 80,00 Cobertura ilustrativa por: R\$ 84,00 Ilustrativo cobertura por: R\$ 85,00 para: R\$ 85,00 para: R\$ 90,00 por: R\$ 91,05 por: R\$ 91,00 35 por: R\$ 128,00 por: R\$ 150,00 por: R\$ 157,08 por: R\$ 15 7.08 por: R\$ 157,08 Cobertura ilustrativa por: R\$ 168,30 Cobertura ilustrativa por: R\$ 185,57 por: R\$ 185,57 por: R\$ 187,00 Cobertura ilustrativa por: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa Capa ilustrativa para: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa Capa ilustrativa para: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa Capa ilustrativa para: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa Capa ilustrativa para: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa Capa ilustrativa para: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa Capa ilustrativa para: R\$ 185,57 Capa ilustrativa para cobertura ilustrativa por: R\$ 185,57 206,10 Cobertura ilustrativa para cobertura ilustrativa por: : R\$206,10 Cobertura ilustrativa 12x sem juros12x sem juros12x sem juros12x livre de juros12x sem juros12xno juros12xno juros12x sem juros12x, sem juros12x, preço e distância do embarque. 1. Ralph A Llewellyn THIRD EDIt;.3.o v No 3 i-! -. 7. : | Era 1 -. ', Eu', 'll, l-' .fl lib. Ll 2! X...eu não sei o que fazer. : Eu.....

kT para todas as frequências. Exemplo 3-5 Ato de Stefan-Boltzmann, como consequência da Lei Planck para usar a lei de Planck para mostrar que a densidade total da energia do corpo negro é proporcional a T, como diz a lei de Stefan-Boltzmann. Solucao A densidade total de energia pode ser calculada integrando a função de distribuição de densidade Cnergia para todas as ondas com-prime: J U' ; u(A)dA e J, FH; -T; -1 (/ A Dlya pacHTa иHTerгалa. В таком случае. dx - HC dA/A1kT. Объясняя dA, мы знаем: dA -A3 (kT/hc)dr. постоуи 01'rhca H J; e' - V (хрт) dx kT ". f, l <hC) l= 9'= r5= d= x= l= ll= 17.= 103= 105= 10'= 102= densidade= de= energia.= u(.)=)= 10'= 10-2= 0,01= 0,1= 1= 10= 100= comprimento= de= onda.= cm= flu.= 3-10= dlistribuigao= cspectral= da= densidade= de= cnergia= da= radiagao= cosmica= de= lundo.= a= ilha= cheia= representa= a= lei= de= planck= para= t=2.7 k.= a= varios= pontos= ax= perimentais= astio= indicados.= [observe= que= as= escalas= sin= logaritmicas.=]= como= a= inte= ral= é= adimensional.= isto= mostra= que= u= é= propor= cional= a= 7.= possivel= demonstrar= que= o= valor= da= integral= im= prépria= é= n/= is.= nesse= caso.= ,= =(81r^k/ l5h^c=>8r^lL^J)T". Este resul-tado pode ser combinado com Eqs. 3-19 e 3-2 para Expre-Sar 0", conslame slet'an. 'Em funcio 1-r. k, h e c (ver 0 Problema 3-13). Um exemplo importante da lei dc aplicacio dc planck foi o seu uso para explicar o micro-ondas radiagio provenien-aqueles espaços laterais. Os modelos cosmológicos de hoje sugam que o universo começou com uma explosão gigante, Vantizagao da Karga. Luz e energia 87 0 é chamado de Big Bang. Uma das consequências dessa explosão foi encher o universo de DC Radiagao, cuja cor espectral dysubiucao respondeu a 5 corpos negros. A temperatura inicial do universo era extremamente alta, mas com o tempo ele csfriou até que ele attatoise a temperatura que ele tem atualmente. Assim, o universo deve ter um fundo radiagao, cuja distribuição central corresponde ao corpo negro 2": temperatura T, ..., .. Em 1965. Penzias 4: Wilson descobriu que radiau-cio 7,35 cm de comprimento (ou seja, na faixa mi-croondas) chega nele Terra com a mesma intensidade de todas as direções do espaço. Logo houve uma suposição de que este radiaco poderia ser uma reliquia do Big Bang. Repetidas medidas alizadas em outros comprimentos de onda para ler a curva experimental de densidade cnergia u(A) em fung'o. Estes são os dados que aparecem no arroz. 3-10, compatível com o radiaku emitido por um corpo preto com uma temperatura de DC 2.7 K. Excelente concordância do re-sultado do piloto com a lei planck é considerado forte evidência de que o universo realmente originou-se do Big Bang. 3-3 0 Seleccionado Fotovoltaico E uma das grandes ironias dos acessos de raiva da ciência é o do famoso experimento, conduzida em 1887, na qual Hertz produziu e desabar ondas eletromagnéticas, limitando assim a teoria da focinheira da luz dc DC Maxwell, observado também. Pela primeira vez, o efeito fotoclrnico que levou ao a1o da luz em temos dc partculcas. Hertz, que estava usando um circuito sintonizado com um cen-telhador para gerar as ondas e um circuito semelhante pam detecta-las, observou acidentalmente que quando a luz proveniente do cen-telhador do transmissor deixava de incidir no a1o-da= luz= em= temos= dc= hertz,= que= estava= usando= um= circuito= sintonizado= com= um= cen= telhador= para= gerar= as= ondas= e= um= circuito= semelhante= pam= detecta= las.= observou= acidentalmente= que= quando= a= luz= proveniente= do= cen= telhador= do= transmissor= deixava= de= incidir= no=><.<.< a1o da luz em temos dc partculcas. Hertz, que estava usando um circuito sintonizado com um cen- telhador para gerar as ondas e um circuito semelhante pam detecta- las, observou acidentalmente que quando a luz proveniente do cen- telhador do transmissor deixava de incidir no > k drectnenle de-kpυ</hC)> & de-kpυ</hC)> O receptor teve que reduzir a distincia entre os eletrodos da Segunda Faisca para prestar homenagem aos sinais. Assim, a luz foi aliviada pelo produo dc cotelhas. De acordo com o cientista pró-chefe Ff Albert A. Michelson, Albert Einstein e Ruben Milkan em uma reunião em Pasadena, Cullernla, em 1931. MP/ Wide WorldPnamsJ - Astrofísico americano zslcrmi Sslcrmi Arnaud Allan Penzias (1933)- com o radioastrôfalo americano Robert Woodrow Wilson (936-) leaehcraCr1l DC pânico físico 1978 para sua descoberta. (T.N.) 18. 88 Vantingao Charge Light e Energia Fig. 3-11 Diagrama esquemático do equipamento utilizado. Lenard para ob-servar totemétrico elaito prova que particulas amidadas sio elétrons. Luz verificada tont L notando no cato 0. Particulas emitido catodo, que passam pelo passeio do silo anodo Indicadas eletrometer iigado a. Campo maântico, representado no círculo de imagem, poderia desviar as partições para o segundo elietrmetro para B., o que permitiu terminar a carga de sinal particulas e causar qlm. | Thomas. Lenard, Armayen du Plisir. 2. J59 (1900). ; Em uma série de experimentos de DC para estudar os efeitos do dn rcssonin-cia entre flutuações elétricas muito rápidas, que realizei e publiquei recentemente, dois cram nyo elétrico produziu bobina de descarga indueio c Assim aconteceu taneamente simultâneo. Uma dessas faiscas. A. centeio foi uma descarga da bobina cnteilha indugao e serviu para excitar a oscilação do pri-milia ll, a centelha B foi associada com vibrações induzidas ou secundárias. Às vezes, eu colocava uma faisca B em uma caixa interi ou escuro para poder assistir o mchoc cotelhas; Ao mesmo tempo. Notei que o tamanho da faisca era visivelmente menor quando a faisca B estava dentro da caixa. A descoberta inesperada do efeito fotoavoltaico aleijou Hertz porque interfere em sua pesquisa básica, mas o cientista reco-Light lorte (b) l (M) 'V02 'V01 Vin. 3-12 (a) Fotocorrentia l in iung'o da tensio do anodo Vpara luz raiva deve ser hl - 45. nheceu imciatamente que foi um fenômeno muito importante e intcrou todos os outros trabalhos por seis meses para explorá-lo mais perto dc. Seus resultados. publicado no mesmo ano, foram complementados outras areias-sadros. Descobriu-se que a parte negativa se abarcou quando a superfície do imimpa é exposta à luz. Em 1900. P. Lenard representou essas partculcas para um campo magnético e desbravado que representava causas sernelhantes aos dos raios catastróficos estudados por Thomson; em outras palavras. As particulas emitidas eram eythrons. Fig. 3-11 mostra um padrão esquemático de equipamento usado por Lenard. Quando a luz está sobre a meta-superfície - ica (catodo C). Eitrons são emitidos. Se alguns elétrons alcançados pelo ânodo A passarem por um pequeno buraco. A corrente elétrica é produzida em Os elétrons Número que atingem o ânodo podem definir-cunhado ou diminuído tomando um ânodo positivo ou negativo em reagao para catado. Chamando V de uma diferença potencial entre cato e ânodo, arroz. 3-12a mostra a corrente na funcão-950 V para dois valores de intensidade de luz incidente no cato. Quando o V6 é positivo, os elétrons estão na atmosfera por um ano a fazer. Por um valor V grande o suficiente, todos os elétrons emit atingem o ânodo, e a corrente atinge o valor máximo. Lenard observou que a corrente máxima era proporcional ao décimo da luz, resultado esperado, pois o número detrons emitidos deve ser proporcional à energia por unidade de tempo incidente no capô. No entanto, ao contrário do que a teoria clássica previu, a intensidade mínima não foi observada, abaixo da qual a corrente era zero. A luz muito fraca não deve matar elétrons com energia necessária para evitar a superfície do metal. Quando V e negativos, os elétrons são sobrecarregados por ânodo; assim, macaco= os eítrons com energia mvz/2 cinética inicial mais do que o eM consegue alcançar um ano-do. Como você pode ver na foto. 3-12a, para v zlt; -V, a corrente é zero. Potencial V0 6 é chamado de potencial de corte e csta re- (0) "Distancia Inside "Metal Superfície glicencia re two intensidades l1, and l, with l, qgt; 1.. Cortar tansao ilfi é o mesmo em ambos os casos. Não sei o que fazer. Pois eu constante com dois Iraqlfncias f, e 1.; como eu, f, interpreatação e efeito disco de Einstein sugere que o valor de corte absoluto dantansao deve ser maior para l2, que são resultados experimentais confrmado, para o qual deve estar cortando freqfncia l, uma concussão da qual os elétrons são abaixados, que também está de acordo com observações. c Energia eletrônica potencial nas proximidades da superhidade do metal. O aletorn metálico com o maior anera! possível absorve anemia fóton /71. De acordo com a lei sobre a preservação da anercia. cnetic energia eyetron após o lançamento de 0 metal 19. A máxima dos elétrons cinéticos de energy é emitida no 11L'a-ves de equacao 3-35 resultados experimentais. Ilusão no arroz. 3- 12a. mosnam que V0 não é uma intensidade de dpende do incidente de luz, o que surpreendeu os cientistas. Aparentemente. O aumento da energia no incidente do tempo do mi-dad em kato não resulta em um aumento na energia cinética máxima emitida, o que estava em completa discordância com a teoria classica. Em 1905 Einstein ofereceu uma explicação para esta observação em arti go, que foi publicada no mesmo volume de Amzalzen der Physik, como seu trabalho sobre a relatividade da resuita e o movimento de Bnownian. Einstein apóia que o nº 15 nº 19 problema névoa negra gqgm; gma ca_1.actcrfscia luz universal fig. Em vez de se espalhar uniformemente na lavagem em que se espalha, a luz consiste em quanta energia isola hfi quando um desses quânticos, vem para o sous-perfície de catodo, toda a sua transnanscricao cnergy no el-trono. Se para e energia deve remover o elétron da su-perfície (4) recebe um trabalho de nome deflatng-60 e varia de metal para metal). Elétrons de energia cinética mexima, ethim em geral é dado hf - 4: em virtude da lei da conservação de energia-giy; Veja a foto. 3-12c. (Alguns elétrons têm cnergia menor do que este valor devido à energia gasta passando 0 metal.) Neste caso, o potencial de corte potencial de V0 é dado eVo (mv), m5 _hf_ para 3-36 A Eq. 3-36 6 chamada efeito fotoavoltaico equacao. Como Einsteins apontou, a fórmula mix No 9 Sc para a qual chegamos corretamente. Va, quando é apresentado nas coordenadas canadenses na função da frequência inci-dente luz, deve ser uma linha reta, a inclinação da qual não é o acopla da natureza da substância emissora. De acordo com Eq. 3-36. A inclinação da linha representando o potencial de corte de VD em funcio Ineqfncía f é igual a ela. Enquanto Einstein fazia essa previsão, não havia perigo de que a constante de Planck não tivesse nada a ver com o potencial de corte. V assim 70 n'4a9x1w' LLT Vantizagao da Carga, Luz e Energ 2 8 Tabela 3-1 Fungoes naballo DC alguns eieentos _j_j_j_ Elemento 42 (eV) Em 2.28 C 4.81 Cd 4.07 Al 4.08 Ag 4.73 Pt 6.35 Mg 3.68 Ni 5.01 Se 5.1 1 Pb 4.14 efeito fotoavoltaico. Além disso, não havia evidência de que cortar maconha é uma função de frequência. Experimentos conduzidos por Millikan em 1914 e 1916 mostraram que Eq. 3-36 estava correto, e o valor de l2 com base nesses experimentos foi baseado no valor obtido por Planck. Fig. 3-13 mostra um dos gráficos de Millikan. A frequência é importante para que o efeito fotoavoltaico seja obser-vado, em arroz de pedra. 3-12b e arroz. 3-13, e comprimento de onda máximo correspondente, /, pode ser obtido a partir do trabalho de funcio, fazendo V0 No. 0 em Eq. 3-36: l 3-37 Fótons queei de baixa frequência (e, portanto, DC comprime- para acnar mais de),) carece de energia para extrair eletrodos de metal. Para :1 a maioria dos metais. A função do trabalho tem a ordem de alguns elétrons volts. A tabela 3-1 mostra o trabalho de alguns elementos. _j_j_j_j_ exemplo do efeito fotoavoltaico 3-6 no cone de potássio DC de comprimento de onda de Potássio 6.558 nm. Que 6 fungao trabalham potássio? Qual é a possibilidade de cortar para um incidente leve de 400 nm? 90 100 110 120x10^3. Hz Fig. 3-13 Dados obtidos pela Millikan para reduzir o potencial no farejador de frequências. Dados astaa na linha cujo Inclnação é fie. A pergunta - '2 : : '5: Einstein fez anos antes do experimento ser conduzido. O ponto em que a linha se cruza o eixo vertical corresponde ao pater--2 : : ' r s' . M': lcahn, HEW-E'. Físico. . ' 7 352 n'9'-5: 20. 90 Vantlago luz da carga. A luz e a energia de Sulugo 1. Barragem t, -345'; - pode ser rspondido com Equalizador. 3-30 _uz_ uncnto DC wave cone 6 é o único para o qual L'- . . ' (1'C. L'1TD0 tem exatamente a energia de nccess'ria; '_ . ' ; Dez. - ER potencial dc banana. Assim (mv/2), _m_ x. l 0 c. l ' l' to hfi hc/ A, 1240 e V-nm 558 a 2.22 eV. Para um incidente leve de 400 nm, a energia do eVo é dada ao Eq. 3-36: Lu h eVo -A5-d'gt; 1240 eV-nm 400 nm e 3.10 eV - 2.22 eV e 0.88 eV 4. Observe que o potencial de corte de V0 em 6 volts é numericamente igual à energia cinética máxima de elétrons (mvz1 2), cm cv. Então temos: V. , No. 0.88 V - 2.22 eV Outra propriedade importante do efeito fotoavoltaico, que está em desacordo com a cfssica ffsica, mas pode ser facilmente explicado fetons hntesc é o uso do intervalo de tempo dc mfveinsurl entre o momento ver que a fumaça de luz está conectada e o momento em que o elétron aparece. Clássico. Energia brilhante é distribuída de forma homogênea à superfície lon-go da armadilha: o tempo que leva para o tamanho do rpgio do fitoma adquirir a energia suficiente para emitir um elétron pode ser calculado a partir da intenção de upotncia por unidade (área) de radiação incident-te. Em um xerez. Você pode ajustar a intensidade da luz inci-dente: DC ML forma que é um tempo de ordem minutm mesmo horas. No entanto, em todas as experiências. 05 elétrons comcgam feixe emitidos em um momento em que a fonte faz. ; sim. De acordo com a hipertese dos fetons, a explicação de dsxla observação é que, embora nitero fetons que incidem em forma que unidade de tempo DC é pe-queno quando 1: intensidade leve é pequena. Cada feton tem energia sufficient purzi para remover o elétron, e há uma chance de gran-dc, que pelo menos alguns ab-sorvidos fetons imediatamente. Por outro lado, teoria clássica permite calcular a média número ab-sorvido ftons por unidade de temp dc. Exemplo 3-7 Tempo Retrnrd De acordo com Teoria Classics Light com intensidade 10 1 W/m e comprimento de onda 400 nm incidí no potedim catado. Determine o tempo de atraso do DC para emissão eletrônico. DC de acordo com a teoria clássica. Soluqio DC de acordo com um exemplo anterior, funcio work po-t. O 'L't: sio é de 2.22 eV. Tomndno l (0) m como raio tppic dc etome, energia total que afeta o etome até o momento em que eu dei E e U0? W/m)) (7nr)1 (10^- W/m)) (1lr0m^-)1 (3.14 x 10^- J/s) Criar energia csta igual a 2.22 eV (No 2.22 eV X 1.6 X 10 J/eV). Temos: (3.14 x 10^ J/s) (2.22) (1.6 x 10' 1' Eu sou 1.13 x 10^-s 18.8 min. Assim, de acordo com a teoria clássica, nenhum atomo deve emitir eletm n primeiros 18.8 minutos de alfmpada ser liza-zt. Por outro lado, Fótons modelo DC. Cada feton tem energia suficiente para extrair o elétron. Devido à baixa intensidade da fonte de luz, mimcro dentes ftloneladas inci' catodo no dc tempo seis pequenas unidades. então a probabilidade de um atornin absorve feton e mitir de elétrons em um determinado período de tempo é pequena. No entanto, Há tantos atos em catodo que alguns emitem elétrons assim que 6 fonte em. E. Mpio 3-8 Número de Ftons Incidentes Quanto Ftons incidem em catodo por segundo c por metro quadrado no exemplo anterior-plo? Soluqio Energia by feron is E and HF y HC/ A l240 eV-nm/400 nm)00 3.1 (N y 3.1 eVll.6 X l0 J / EV 4.96 X L0 J Como intcnsity incidente light 6 l0'1 W/m' l0'1l' J/s-tm'. 0 incidentes de fetons zero-just por segundo e por metro quadrado é dado a 10 J/S-Me' 4.96 x 10 J/otudo 2.02 x 10 fotons / s-mi N Exercicios 3. Como o modelo de foton explica o fato de que o efeito asso-ciada atual para fotoclinica é proporcional à luz intensidade do incidente? 4. Quais são os efeitos fotoavoltaicos proprindncs que podem ser explicados por clzssica ffsica? Quais podem ser ex-PLICADOS? O fotofio dos núcleos tomou um método impressionante de investigar a estrutura de cristais e moléculas. O uso de fontes de raios-X (ver Seqto 3-4) com detectores de pccisio dc permitiu determinar as configurações exatas dos elétrons de Valência em compostos químicos, o que levou a 21. mchior aconfundencia ligacao quimico e dife-rencias entre as propriedades dos atos na superfície e no selido. Microscópios baseados no efeito fotoavoltaico que hoje está sendo desenvolvido cache podem re-vetar a situação química de cada elemento ver amostra. informações extremamente importantes para biologia molecular e microcelônica. Na análise tilitima, tudo isso é uma consequência do fcnimento que Hertz instilou. ... por Mcnos à primeira vista. 3-4 Rains X e Compton effect _ . ovos indícios que modelo ftons foi o compton pho-mm correto pho-mm fome, que mediu a dipchntifa de raios-X por elétrons livres C, analisando os resultados, dirimiu como tilit-mas dúvidas com relacio it relativity restritu (ver 0 Cap. ll). Antes de analisarmos a descoberta de Compton em detalhes, discutimos alguns experimentos anteriores de raios-X em 1895, ao trabalhar com um tubo de feixes de cateter. O cianos observou que os raios produzidos no ponto onde os raios catadicos (elétrons) atingiram 0 tubos de vidro, Vantizago da Karga, Luz e Ere'; 5 97 ou colmeia instalada dentro do tubo. Pode; Ttra'e. s.sur objctos opaco c excita tela fluorescente ou fotogrific. Os raios-X examinaram minuciosamente o secador de cabelo e encontraram todos os materiais. Veja mais ou menos vovó, eram transparentes a esses raios e que a transpáneria era inversamente proporcional à densidade de 5 do material. Esta observação fez com que os raios-X viessem a ser usados na medicina alguns meses após em publicação para fazer o primeiro artigo i-ro DC Roentgen. descobriam que os raios recém-detectados não foram afetados pelo campo magnético da prcscnca e não puderam observar refração não-onômatal e fenoden de interferência associada as ondas; então ele os batizou com o misterioso nome de raios-X da DC eletroma_gnéti. Um pequeno alargamento sofrido por um raio-X :10 para passar por uma rachadura com vários milímetros de largura indicam que o comprimento de onda dos raios era de cerca de 0,1 nm. Em 1912. Luz chupou, como os comprimentos de onda dc raios-X eram a mesma ordem que espaeamento age em um cristal. Átomos de cristal podem se comportar como um difracao rcde tridimensional para raios-X. Eu 1 e _j. tl: - . / '7 zgt;1- (C) Inv'lcuro :19 'PV' Ray of Tungsten Electrons SK. Eu r v 0 raios-X - das r' somos 55 raios-X em massa. (Ca1; Jdat;gct;nvdnrsDf. Or. sralyI (D) C ao longo do tempo. Tubos de raio-X só matam mais do corr r-veado do século 20. - dascrlarmnt. - Ady atussobnr. Hallw'lmfilsionl Schntcautddý, Nova lorque, c Diagrama de tuma esquemática. - tensões de milho, correntes e intensidades taios X são muito altas, mas os elementos beligerantes permanecem mes. ; FTl3S1 22. Sra. Homem-raio-X radiografala, algumas semanas após os raios-X (cram descuberto. c 0.0 nm e que os cristais age formam uma estrutura regular. em L9L2. V. L. Bragg oferece um método simples e conveniente para analisar cristais de raios-X difrao. ' (6) - Filme '7? - ' fotogrifico v E05 X Crystal um raio-X. (Backgrounds: Ganue r.lt: Eleclinc Company) 0 cientista investigou a intervenção de raios-X diffracts vari-like familias dc plunos paralelos dc atomos. Hoje eles sabem como reconhec-los como piano de Bragg. Fig. 3-15 mostra dois pianos da família Bragg em Cristal NaCl, que tem uma estrutura chamada biclba dc facer cnlradas. Considere a foto. 3-16. Ondas de difração são dois atos sucessivos localizados na mesma fase plun estzio e, portanto, indecifráveis construtivamente, independentemente do comprimento de onda de DC. se 0 difracao zingulo iguala o canto de inciden-cia. (E condicqio tanto quanto para reflexão.) Ondas difragadas com o mesmo ângulo por fitomias localizadas ver pla-nos diferentes estarão na fase (interferncia construtiva) se diferir entre as duas rotas equivalente a um comprimento de onda mimo inteiro. Por arroz. 3-16. csta condicao fica satisfeito se zd Sen 0 (m), onde sou nº 1.2. 3-38 Eq. 3-38:5 conhecido como Bragg. A medição do raios-X intensidzide é difrfratizada no funcio de comprimento de onda, usando equipamentos empíricos, como arroz. 3-17 0. representa alguns resultados surpreen-dentes em termos de física claussic. Fig. 3-18A mostra picos de raios-X DC obtidos subdividindo elétrons para dois tensoes difundidos na nossa frente para bombardear o alvo de tungstênio dc. Nesta foto. 100 e' na intensidade emitida para compressão de onda no intervalo entre A e A d). . Fig. 3-18B mostra linhas que dc comprimento de onda muito mais curto, fabricado usando o alvo de molbênio e elétrons de 35 keV. As três características desses espectros são imediatamente chamadas de alcnq'o, um dos quais pode ser explicado pela física do kzissa. (l) A especificação consiste em uma série de linhas estreitas, conhecido como o cspectro carcrkrmic, sobreposto ao espectro (2) continua através do espectro bremsstrahlung (pa-lavra que, cm alemao, significa raio. 0 c-wave primer dpende linhas características do espectro usado substancia como um alvo. (3) 0 sptem contnuo apar-sitting wave cone dc comprimento). . . . que nfo depende (bl 3-14 (a) Diagrama esqueltico laue.0 crystal experiment eomporta como uma rede de difracao lrtdimensional, dilatando raios-X e produção de 2 pontos. (D) Figura laue n'bio dlbroeto cnstal. equipamenlo 23. Fla. 3-15 Dois aviões farnlia paralelos em Nacl crystal, a substancia é usada como alvo, mas a energia eletrônica fung'o. Se o tubo de raio-X 6 for dado em volts, o comprimento de onda 0 do corte pode ser calculado usando a seguinte equação éfrica: 1.24 x 10' m - V A Eq. 3-39 é chamado de regra dc duane-hunt! em maná jam em seus descobridores. Einstein Nio perdeu lcmpo para observar que o raio-X produgio bombardeando DC sim! - Os tronos eram urns simples, efeito fotoavoltaico reverso, ao qual se aplicavam a Eq. 3-36. 0 comprimento dc onda de corte Dwayne-Hunt corresponde: simplemctc to foton com energia mexicana celtrons, jzi que fungio dc dz trabalho pode ser ignorado em comparagio com elctrons de energia cinética dentro do tubo. Nesse caso, Ek. 3-36 se vocé tomou eV' hf l'cl A A em A q hf eV 1.24 x 10' m ml - 1.24 x 10' nm/V. Assim, a regra Duane-Hum pode ser uma hipótese explicada de uma prancha que acende fca dc quan-ta. (Observe que z, pode ser usado para determinar mentalmente o valor de h/e.) Como resultado da aceleração (ou seja, frenagmas) elétrons por campos eletricos de átomos-alvo, um espectro emaranhado foi criado. Este tipo de radiagao estava à parte da equação de Vizso de Maxwell, 0 0 verdadeiro problema para cfssica física estava em linhas estreitas. Comprimento Nm 3-39 Cclfmader Raios-X / Tubo de feixe de elétrons anodo carga Quantizacao X-ray. Luz e Eneroya 93 3-16 Difrakao Bragg para dois pianos paralelos. A diferença no curso entre as ondas de difratadas dois atos especificados na figura 6 é 2dsen 0. As ondas estarão em fase se Condigio estiver se gabando. zdsen 6 e ma' a para satisfiz. A onda DC dessas linhas dependia do material do alvo e sempre o mesmo para este material, mas as cordas nunca apareceram para os valores dc V de tal forma que o An era maior do que a linha de comprimento de onda qucsfio. Este espectro peculiaridadc característico pode ser visto claramem no arroz. 3- 1 8a, em que um grupo de linhas do esquer-da, rolulodo como série K, desaparece completamente quando o V 6 é reduzido de 80 kV para 40 lN, que aumenta o valor de dc z, ... A origem das linhas estreitas era um mistério que só foi esclarecido com o átomo nuclear dscoberto. Vamos voltar para ele no Capítulo 4. O efeito Compton era incompreensível que raios-X indiferenciados eram mais maci= do que raios-X do feixe de incidente, o que significa que eles tinham menos energia penetrante. Compton observou que então 0 processo fñagio fci - se você considerar como um colisor entre a energia fton dc hf, e o elétron, elétron absorvido da energia original e, portanto, a energia do feton difratado hfz será menor do que a do fóton inci-dente. Neste caso, a frequência; e souvenir hf, /c difra-sado feton também serão menores do que mfnci'ncis f. O fato de que o raio eletromagnético dc energia está associado com momenlo E/C é compalfcom com a câmara lonizao'0 Eh. 3-11 espectrómetro uagrama esquemático Bragg. O feixe de raios-X colomatizado se concentra no cristal e no faixe val difratizado na barbatana. 0 sistema é definido de talorma que nós Incid'ncía e difracao ângulos mudam simultaneamente, manter sempre 'unis. E2: '3- E seu topo vive na função de atenção anulo e usando condicio se gabando. 2d set a m). . pode detennarin difschiduidauais vírgula que comprimento de onda Um famoso incidamasefa radiagao. 24. 94 quantizagio z Karga. Luz e energia K(X) (unldnrlu . trlljll'4w' f.) 00 0.2 0.4 0.5 0.3 1.0 1.2 1.4 1.6 1.6 1m 7w' : t A b) 0 lO') (unidades arbitrárias) - até 00 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 7w' 7. A Fig. 3-18 Tungstênio (A) e Espectro de Raios-X (D). 05 títulos da série linhas (K a L) são explicados no Capítulo 4. As linhas da série Mo L (que aparecem na imagem) ocorrem para A - 5 A 0 comprimento de onda A1, não depende do material e dado Am e hdel r' , onde o tubo de raios-X de tensão V comprime as linhas de difrargão são característicos de cada material, a teoria clzssica foi experimentalmente demonstrada por Nichols e Hull em 1901. Este efeito também é compatível com a expressão relativística E e pzc2 (mc') aplicada a partcula com massa de repouso dc zero. Compton aplicou as leis de salvar momento e energia em seu fom1a relativístico (ver 0 2). Ele encontra foton com e'ltnm; isso permitiu-lhe calcular o difkrang entre os comprimentos de onda do incidente e o fetton diffrutted. 1: -) . . Deffragao 0 0 re-sultado, demonstrado em leitura adicional a ser usado. equiqio dc Compton: 1 -'1-cosa) 3.40 IIIUa; De acordo com Eq. 3-40. U diferéncia não dpende feton incidente de compilação de ondas. H/mc tem dimen-1' E. F. Nichols e G.F. Hull, Plr_v_v. Straight. l3. 307 l 1901 L. (T. N.) Oolimadora S Cristal of Bragg Shutter Camera ionizaoo X-ray tube (Alvo Mo) pic. 3-19 Equipamento diagrama seético usado por Compton em seus primeiros experimentos. Os raios-X produzidos pelo tubo para fins de vigilia do shopping são processados pelo bloco de grafia R, o colimatium das lendas S e S, e analisados no diatremetricto, formado pela cruz de cálcio e pela câmara ionizakao. Embora o insano espectro de raios-X de 0 molbdenno esteja sendo expandido por grafite. O espectrómetro foi usado para investir energia resglao em torno da linha K, molbdenno. 0 comprimento C é chamado de comprimento de onda Compton de Elern. Seu valor é h 1.24 x 103 eV-nm n' n' m' c' - W3' 630' 7 Calcite ângulo 730' Pic. 3-20 comprimentos de onda fundace graficos para vários ângulos de difraqao Compton em grafita. Em todos os gráficos, o pico do asta es kwverda associado com fetons diratizados por elétrons estão associados com mi-cleo, cuja massa elétrica é igual à massa total do átomo. Dieterenga entre com-primos on_da de dois plcos é dado por Eq. 340. 0 o eixo dos abscessos é rotulado como Angulo cia calcite, porque o loy calcitico Compton em temos um ângulo de raios-X Incid'ncía em calcita cristal (ver figura 3-19). 25' Arthur Compton. Ao descobrir o efeito Compton, o cientista viajou através do rinddo em busca de uma explicação para o cosmencorai. Suas observações mostraram que a intensidadade dos raios cósmicos variavam dependendo da latitude, que sofreu com a influência da campo magnético da Terra e é considerado prova de que os raios cósmicos foram estreitados por particulas com uma carga elétrica. Msmum americano oh! O Pnritziz. Mose Bahilntari. Como A3 - A, muito pequena, a diferença entre uma onda de compressão-tos de duas toneladas é difícil de observar se A. ramb'm é pequeno, neste caso, uma variação relativa. (A3 - L) / A . , pode ser tomada com gratidão. E é por isso que o efeito Compton mal é estudado no caso de raios-X e raios gama. Compton testou suas descobertas experimentalmente, usando como fdtons incidentes fetons asseitiado uma linha de molybdenum x-ray caxacterisice ghost com um comprimento DC Uda de 0,071 l e em como alvo de es'eltns DC bloco grafite. Comprimento de onda de fdtons difundidos foi medido com cristal au-xfiie e dc ionizacao da câmara. 0 local experimental usado pelos cientistas aparece em F1g. 3-19; aFig. 3-20 mostra os resultados dos obtidos. Para cada desfragamentamento de annangle, e pri-meiro pice corresponde a ele difracao elétrons mais entrada em 'tomar carbeno, que nae não introz alteraçães na onda com-primento Venha esses elétrons niteleo atómico associados ao telefone, e atomo 3-20 está envolvido na interação. Esse ano, massa m ekv. 340 torna-se uma massa atômica, que é 6 vezes a massa de um elétron, e a diferença en-ar 05 hundredprimescaso fton e fton difra-ção-minor take. A variedade de diferença entre as centenas de pimentas de ondas dos dois picos com um ângulo deffragao 0 6 uatamente que previu Ek. 3-40. Como vimes nesta seção e em dois arteriores, em alguns si-naceas a interação da radiação eletromagnética com a matéria deve ser descrita através de eventos iselade. O destino é que DC tem tantos anos de debate sobre a verdadeira natureza da luz. Estes cientistas descreveram o radiacio eletromagnético interaace com a teoria matría e endulatória explicando fenomenes não-localizados com cálculos para descrever com os cálculos da interação de radiacio eletramagnético com a teoria matría e endulatória explicando fenomenes não-localizados-intc. Falaremos novamente sobre essa Mb ondas de particulas em Cap. 5. Vantizakao da Carga. Luz e Energa 95 (E) Demonstração de leitura adicional Compton Equacio Be A, e A, es comprimentos de onda incidente e raios diffractx. (Figura 3-21). Metnetnos corpes-pontendes sae flfv C (X, P1 2 l P2' - C X via relac'e f' c. Como a Compton usou a linha K de molbênio (A 0,071 1 nm; Veja Pic. 3-18b), a energia do incidente do raio-X (17.4 m.m.) é muito mais luga energética do que o alvo de gractura elétrica de Valência (1.1 eV. aproxí-madamente), de modo que os eletro-trens desafiados podem ser essencialmente livres conside-happy. p3'p-p-2p. -P2 2 , 3-41 - Pr - P2' 2/7117. C05 9, onde p, e e momento eletrônico após colisão e 0 - ângulo de difração do foton, medido como no arroz. 3-21. Energia eletrônica antes de celisao é simplesmente sua energia dc repouso E0 e mcz (ver 0 Cap. 2). Após o colimnting, a energia do elétron torna-se (E3 e pfcz)'. De acordo com a Lei de Economia de Energia, temos: Pt e0 e P2 l' (E5 '4' l'732)m Transferir terme pzc para o primeiro membro e elevande am-bos os membros ae quadrado. Temos: 56 clip. - 2; 2e0 (e - P2) - E r'. P302 l'- 252 - 5 p2 e h' A2' Fla. 3-21 raios-X difracao pode ser considerado como uma colisão do momento l/ftonm, com livre eletrônico. Usando leis para conservar energia e energia, pode exprober dilerença entre a onda de fdtons incidente DC oomprimms e fdtons estandis em massa eletrore fungio e ângulo difracao 3-40). O texto original em inglês destn leitna suplementar esti é inflamado! presunto: página whfrcrrcmrphyscs. (T.N.) 26. Uantizaco, 95, de um cargueiro. Luz 2 Energia OU 2En (7; th P2) xv' th P? - PE 312.11: 3-42 Eliminação u tcnno pf Eqs. 3-41 e 3-42, temos: En/7' 17:) L, p, p3 (l - cos 9) . lulupic: mdo ambos os membros do HCP, P, E, e usando rela-qio AHP. temos equaqio dc Compton: l' ggt; . . A, in - cos 9) - 0 - cos 0) E0 mc- OR É A, A, --(l 'cos 0) 3-40 iHC Exercício 5. Por que 6 extremamente é difícil observar o efeito Compton com luz visível? 6. Por que o efeito Compton n50 é importante para sinais transmis-csioic dc rádio e televisão? Quantas difracoas a emissora FM de sinal COM-P-ON DC terá que sofrer por seu comprimento de onda DC variar de 0,01%? Um exemplo de raios-X 3-9 P1-duced na urna dos elétrons tensao dc aceleraçao na imagem do tubo da TV receptora :1 cor 6 cerca de 25 kV. Qual é o menor comentário de onda de raios-X feito quando os elctrons colidem com a tela do dispositivo? Solucio De acordo com Eq. 3-41. temos: 1.24 x 10' - 1.24 x 10' / , , - - - - - 7-mn - 0.05011111! Tipico Equizez e comcn'rios i. J. J. Thomson Esscs X-ray experimento tem uma grande cobertura de penetragao. Fabrican-tes usam tipos de vdrlos de blindagcns para evitar que os usuários se expovam a elcs. Efeito Eremplo 3-10 Compton Em um estudo piloto do efeito Compton, observou que o comprimento de onda do incidente dc ra-diaçcto, A, . 1,5% quando angu-lo difracao é n 120. a) Qual é o valor de A. ? (b) Qual será o comprimento dos fdtons de difusão de ondas DC A1 quando 0 difraçio-fingulo for de 75 euros? Solukiofy 1. Para resolver 0 parágrafo (a). Usamos Eq. 3-40: l A, -A, AAZ -1 (l-cos0) (NC) 0.00243 (l - cos 120) nm . Como o comprimento de onda DC aumenta 6 L.5%. ix) AA - 015 A, 0' 3. Combinando os resultados dos antchricos. Temos: AA 0,00243 (E - COS 120) A -4 - 0,015 0,015 th 0.243 nm 4. Para abordar o ponto 0 (b). Também podemos usar o Eq. 3-40: A, A, No 0.002430 - cos 0) 5. Fabricação 6 e 75 e A, 0,243 nm no equazioio anterior, temos: A, No 243 y 0.00243 (l - cos 75) - 0.243 y 0.002 y 0.245 nm Medidna rmlmdas Thomson nos raios de cabeça cated mostram que o mesmo partcula (cleon). 2. como elmo approachannmdnctc (l 00 vezes maior do que em hidrogênio ionizado, em todos os elementos. . Carga elétrica quantigio - 602 7733 x 10-C'P 3. Rildll', 5 0 DC corpo preto Lci de Stclttm-Boltzmann R e g'4 Lei dc dclscloactnco dc wicn am? 1.893 x 0-5 m-K. Lei dc mdiaçao dc Planck u(A) - 8'M (hr. MT l: 6.626 x 10' J-S - hf - y /1 A-A, v(l-cos0) Constanle dc Planck 4. Photoclect Effect 5. Compton Effect 3-19 3-20 3-33 3-34 3-36 27. BIBLIOGRAFIA Os links a seguir foram escritos em um artigo relacionado para os leitores deste livro. Cohen. E.R., B.N. Taylor, Fundamental físico vs-tants, Física hoje (agosto de 1996). Millican, R.A., Elétrons (l- e -), Prótons, Fótons. Noé's Thrones, Mesorons e Raios Cósmicos. 2º o. Universidade de Chicago Press, Chicago, 1947. Este livro sobre o moderador-o física, escrito por um dos maiores cientistas experimentais da época, contém descrições detalhadas dos experimentos de Millican com gotas de oleo e seu teste da equação de Einstein para 0 efeitos fotoavoltaicos. Richtmyer, F. K. , E. H. Kennard e J. N. Cooper, Introdução à física moderna. 6ª o.p. McGraw Hill. Nova lorque, 1969. A primeira edição deste lindo livro, escrito para alunos física third gran, foi publicado em 1928. 0 Shamos. M. H. (cd.), Grandes Experimentos em Física, Holt, Ree-Nehart e Winston, Nova lorque, 1962. Este livro contém 25 artigos originais acompanhados de comentários do autor. Artigos que tratam especificamente dos temas discutidos neste capítulo são os de Faraday, Hertz, Raio-X, J. J. Tom-filho, Einstein (fotoavoltaico), Millican, Plank e Compton. Thomson. Gp. J.J. Thomson, Electron Discoverer, Doubleday/Anchor, Garden City, Nova lorque 1964. Interxante Eusayo vs. dc J. I. Thomson escreveu frlho, que também é seis físicos. Laboratório Virtual (PEARL), Software Académico de Física, Universidade Estadual da Carolina do Norte, Raleigh. 1996. Programa de computador sim-lagao, que permite ao usuário analisar o radiaco de corpos negros em diferentes temperaturas e em uma reliquia de vários aspectos do efeito Compton. Weart, S. R. (ed.), Documentos Seleccionados de Físicos Gregos, Instituto Americano de Física, Nova York, 1976. Um livro publicado pela American Physical Society para comemorar o século X da independência dos Estados Unidos. NOTAS 1. Demócrito, que viviam entre aproximadamente 470 a. C. e por volta de 380 a.C. ele também afirmou que a Via Lactea é um enorme aglomerado de estrelas e que a Lua, como a Terra, tem montanhas e vales. 2. George Johnston Stoney (1826-191 l). Física irlandês, foi 0 primeiro a nomear a unidade fundamental da carga eletrônica elétrica. Depois que Thomson descobriu uma partcula com um bloco negativo de carga elétrica, o nome foi transferido para Lorenz da quantidade da carga para a matéria particulada. 3. Hermann von Helmholtz (1821-1894), médico e alemfio físico, foi 0 primeiro a propor a lei de conservação de energia em 1847, com base em uma análise de experimentos realizados alguns anos antes por James Joel. 4. Joseph John Thomson (1856-1940), um Ingte físico enviado por mais de 30 anos pelo Laboratório Cavendish, 0 o primeiro laboratório do mundo dedicado especificamente à pesquisa do fl'i-si-cas. e ganhou o Prêmio Nobel de Física de 1906 por sua enorme eletricidade de gasoduto. Sete de seus colabo radore também ganharam o Prêmio Nobel. Vantizakao da Carga. Luz e E-ER; 2 9. 5. Tem havido muita discussão sobre a natureza do Hertz. 2 chegou em 1883, que eles não estavam distraídos pelo campo elétrico urna. Mais resina-de, verificou-se que o resultado negativo dos experimentos de Hertz foi devido ao fato de que 0 gás dentro do tubo era anti-cinicamente ionizado; ions neutralizaram rapidamente a carga de placas defletor. DC para que o campo entre as placas seja praticado zero. Em 1897, Tom-son foi capaz de demonstrar que o campo elétrico pode desviar vigas catódicas. 6. R.A. Millican, Philosophical Journal (6). 19. 209 (1910). Robert Andrews Millican (1868-1953), 0 primeiro PhD em fr'sica na Columbia University e um dos maiores ex-cientistas perimentais da época, ganhou o Prêmio Nobel em Física 1923 por sua pesquisa sobre carga eletrônica e efeito fotoavoltaico. Além disso, vigas de terceira etnia foram usadas pela primeira vez para marcar partículas do espaço. 7. R.A. Millican, Physical Review, 32, 349 (1911 1). 8. E. R. Cohen e B. N. Taylor, Major Physical Cons-Pants, Physics Today, (agosto de 1996). 9. Richtmyer, F. K., E. H. Kennard e J. N. Cooper, Introdução à Física de Modem, 6ª ed. McGraw Hill, Nova lorque, 1969, página 135-137. 10. John William Stratr Reilly (1842-1919), fi sico ingl, conhecido como Lord Reilly por causa do ttulo que hrcduo pai, ele sucedeu Maxwell como diretor do Cavendish Labora-Tory e foi o antecessor direto de Thomson. 11. Max Karl Ernst Ludwlg Planck (1858-1947), um físico alemão, ganhou o Prêmio Nobel de Física em 1918 pela descoberta da energia quântica e foi talvez o cinismo mais famoso deste século depois de Einstein. 12. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), Homem-Homem de Helmholtz, foi um pioneiro das ondas de rádio. 13. H. R. Hertz, Annalen der Phichetz, 31, 983 (1887). 14. Einstein, Annalen der Física, 17 anos. 144 (1905). 15. As traduções em inglês deste artigo podem ser encontradas em E. C. Watson, American Journal of Physics, 13, 284 (1945) e shamos. M.H., Grandes Experiências em Física, Holt, Rinehart e Winston. Nova lorque, 1962. Wilhelm Konrad Ro-Antgen (845-1923) ganhou o primeiro Prêmio Nobel em Física em 1901 por abrir raios-X. William Lawrence Bragg (1890-1971), um nativo da Inglaterra nascido na Austrália, era um menino enorme. Ele e seu pai, William Hen-ri Bragg (1862-1942), compartilharam o Prêmio Nobel de Física de 1915 por seu estudo de

