

எனவே ஒளிமின்னழுத்த விளைவு பற்றிய விரிவுரைகளின் தொடரின் கடைசி விரிவுரைக்கு உங்கள் அனைவரையும் வரவேற்கிறேன்.

ஒளிவிலகல் இழப்பு

போன்றவை மற்றும் லெனார்ட் மற்றும் மிலிகனின் சிறந்த சோதனைகள் ஹெர்ட்ஸால் எவ்வாறு செய்யப்பட்டது என்பதையும் சுட்டிக்காட்டினோம் ஒளியின் அலை இயல்பை ஏற்றுக்கொள்வது, ஒளிமின்னழுத்த விளைவின் முடிவுகளைப் புரிந்துகொள்ளும் நிலையில் இல்லை , மறுபுறம் , ஒளியின் தன்மைக்கான அலை விளக்கத்தை நாம் கைவிட்டால், செயல்முறைகளை எவ்வாறு புரிந்துகொள்வது என்பதில் சிக்கல் ஏற்படும்.

குறுக்கீடு மற்றும் மாறுபாடு, எனவே இந்த கட்டத்தில் நாம் என்ன செய்யப் போகிறோம் என்பது ஒரு கருத்தை நாம் எவ்வாறு சரிசெய்ய முடியும் என்று கேட்கக்கூடாது.

அலை இயல்பைக் கொண்ட ஃபோட்டான் இப்போது மிகவும் மேம்பட்ட போக்கில் செய்யப்படும், நாம் செய்ய வேண்டியது என்னவென்றால், நமது நம்பிக்கையை அல்லது ஒளியின் அலை தன்மைக்கு நம்மிடம் உள்ள எந்த ஆதாரத்தையும் நிறுத்தி , தர்க்கரீதியாக நாம் எப்படி புரிந்து கொள்ள முயற்சிக்கிறோம்

மில்லிகன் மற்றும் லெனார்ட் மில்லிகனின் சோதனைகளின் முடிவுகளின் கணக்கைக் கொடுக்க முடியும், நிச்சயமாக மிக முக்கியமானவை மற்றும் எனது முந்தைய விரிவுரைகளில் ஒன்றில் நான் குறிப்பிட்டது போல் நாங்கள் ஒரு முழுமையான விளக்கத்தை நோக்கமாகக் கொண்டிருக்கவில்லை, ஆனால் நாங்கள் நிறைய நேரம் செலவிட்டோம்.

ஒரு எளிய விளக்கத்தை நோக்கமாகக் கொண்டு, அலை இயல்புடன் ஒரு முரண்பாடு இருப்பதை நீங்கள் தெளிவாகக் காண்பீர்கள், ஆனால் நான் சொன்னது போல் இது எதிர்காலத்தில் எதிர்கால புரிதலுக்கானது, எனவே ஜன்ஸ்டீனின் விளக்கத்தைப் பார்க்க வேண்டும், ஜன்ஸ்டீன் தோற்றுவித்தவர் அல்ல என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

ஒளியின் துகள் என்று அழைக்கப்படும் ஒரு ஃபோட்டான் கருத்து உண்மையில் மேக்ஸ் பிளாங்கால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது, மேலும் பிளாங்க் ஏன் அந்தக் கருத்தை அறிமுகப்படுத்த வேண்டும் என்பதையும் நாங்கள் விவாதித்தோம்.

கரும்பொருள் கதிர்வீச்சின் நிகழ்வைப் பார்ப்பதன் மூலம் கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு உங்கள் பாடத்திட்டத்தின் ஒரு பகுதியாக இல்லை, ஆனால் ஒளியின் அலை விளக்கத்தை நீங்கள் ஏற்றுக்கொண்டால் எந்த வெப்பநிலையிலும் எனது ஆற்றல் மொத்த ஆற்றலின் ஆற்றலை சமன்படுத்தும் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி உங்களுக்குக் காட்ட முடிந்தது.

அலை எல்லையற்றதாக இருக்கும் அதைத்தான் நாங்கள் கண்டுபிடித்தோம், அதனால் நான் உங்களுக்குக் காட்டிய படத்தில் ஒரு இருபடி வேறுபாடு உள்ளது மற்றும் பிளாங்க் தீவிர கருதுகோளைக் கொண்டு வந்தார்,

இதைப் புரிந்து கொள்ளலாம் கருப்பு உடல் கதிர்வீச்சு தொடர்பான சோதனை முடிவுகள் ஒளி என்று நீங்கள் கற்பனை செய்தால் புரிந்து கொள்ள முடியும் துகள்களின் நீரோட்டம் அவர் சொன்னது ஆனால் பிளாங்க் உண்மையில் ஃபோட்டான் கருத்தை நம்பவில்லை என்று அவர் வெறுமனே நினைத்தார், மின்காந்த அலைகள் குழியில் உள்ள அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளுடன் தொடர்பு கொள்ளும்போது, நங்கள் கருப்பு நிறத்தை படிக்கும் போது அதைத்தான் பார்க்கப் போகிறீர்கள்.

உடல் கதிர்வீச்சு இது ஒரு துகள் போல் பாசாங்கு செய்கிறது, அதைத்தான் பிளாங்க் நம்பினார், எனவே ஜன்ஸ்டீன் தனது விளக்கத்தை அளித்தபோது எடுத்த பெரிய நடவடிக்கை ஃபோட்டான் முழுவதையும் யதார்த்தத்தை பிரதிநிதித்துவப்படுத்துவதாக அவர் கருதினார்,

அதனால் அவர் ஒரு பயனுள்ள படத்தை கொடுக்க முயற்சிக்கவில்லை என்று அவர் கூறினார், ஒளியானது துகள்களின் நீரோட்டத்தைப் போல நடந்து கொள்ள முடியும் என்று கூறினார்.

ஜன்ஸ்டீன் பிளாங்கிற்கு முன்பு செய்ததை விட பிளாங்க் செய்ததை விட மிகவும் தைரியமாகவும் தைரியமாகவும் இருக்கிறது , ஆனால் ஜன்ஸ்டீனுக்கு அது ஒரு வசதியான மொழியாக இருந்தது, அதனால்தான் சில எளிய சமன்பாடுகளை எழுதுவதற்கு நீண்ட நேரம் செலவழித்தோம், ஏனென்றால் அது எனக்குத் தெரியும்.

நீங்கள் அனைவரும் ஒளிமின்னழுத்த விளைவுகளில் போதுமான எண்ணிக்கையிலான சிக்கல்களைத் தீர்த்துவிட்டீர்கள், எனவே லெனார்ட்டின் புகழ்பெற்ற பரிசோதனையை நினைவில்

கொள்ளுங்கள் இது

மில்லிகன் சோடியம் உலோகத்தை இலக்காகக் கொண்ட மில்லிகனின் சோதனையாகும், மேலும் வரும் நேர்கோட்டை நீங்கள் காண்கிறீர்கள், எனவே இதுவே அதிகம் அதிர்வெண்ணுடன் நேர்கோட்டில் செயல்படுவது ஆச்சரியமான விஷயம் மேலே நாம் சோடியம் என்பது ஒரு தனிமத்தையோ அல்லது சீசியம் போன்ற உலோகத்தையோ அல்ல, ஆனால் நீங்கள் அதைச் செய்தால் நீங்கள் பார்க்கப் போவது இதுதான், இதைத்தான் நாம் விவாதித்த அலைக் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் புரிந்து கொள்ள முடியாத ஒன்று.

பத்து வருடங்களாக இந்த சோதனைகளை மில்லிகன்வெர்ட் மில்லிகனின் கவனமான சோதனைகளின் அனைத்து முடிவுகளும் என்ன என்பதை நினைவு கூர்வோம் , இது ஆறு மாதங்கள் அல்லது எட்டு மாதங்கள் அல்லது ஓரிரு ஆண்டுகளில் செய்யப்பட்ட சோதனை அல்ல.

பல தரவுகளின் முதல் விளைவு என்னவென்றால் , புகைப்பட உமிழ்வுக்கு உங்களுக்கு குறைந்தபட்ச அதிர்வெண் தேவை

என்பதை நினைவில் கொள்ளுங்கள்.

அது சுமந்து செல்லும் ஆற்றல் இரண்டு வெவ்வேறு விஷயங்கள் உள்ளன எனவே ஆற்றல் ஒலி அதிர்வெண் தீவிரம் சுருதி போன்றது எனவே நான் மிக உயர்ந்த சுருதியில் பேச முடியும் மிகக் குறைந்த தீவிரம்,

அதனால் அதிக ஆற்றல் இல்லை, ஆனால் நான் அதிக சுருதிக்குச் சென்றுவிட்டேன் அல்லது அது வேறு விதமாக இருக்கலாம் .

மிக மிகக் குறைந்த சுருதி மற்றும் அவர்கள் மிகவும் உரத்த குரலில் பாடுவார்கள், அதுவே நமக்கு இருக்கும் வித்தியாசம் எனவே ஒலி உட்பட அனைத்து அலை நிகழ்வுகளிலும் இது நன்கு நிறுவப்பட்ட உண்மை, ஆனால் இங்கே நாங்கள் புகைப்பட உமிழ்வு என்று சொல்கிறோம், எனவே நாங்கள் என்ன சொல்கிறோம், எனவே நான் சொல்கிறேன் இங்கே எழுதுங்கள், நாம் பலமுறை சொன்னதை புரிந்துகொள்வதற்காக நான் மீண்டும் சொல்கிறேன் , எனவே நாங்கள் இயற்பியலாளர்கள், எனவே பணிநீக்கத்திற்கு நாங்கள் பயப்படுவதில்லை, எனவே நாங்கள் என்ன சொல்கிறோமோ அதை பல முறை மீண்டும் செய்வோம் .

எலக்ட்ரான்களின் உமிழ்வு இப்போது எலக்ட்ரான்கள் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன, எனவே குறைந்தபட்ச ஆற்றல் தேவைப்படும் குறைந்தபட்ச ஆற்றல் குறைந்தபட்ச ஆற்றல் இல்லாமல் அவசியம், நான் குறைந்தபட்சத்தை விட குறைவாக இருந்தால் e மினிமம் என்று அழைப்பேன் அதாவது உமிழ்வு இல்லை இது ஒரு சிம் ஆற்றலைப் பாதுகாப்பதன் விளைவாக, நீங்கள் போதுமான ஆற்றலைக் கொடுக்கவில்லை, நீங்கள் போதுமான அளவு பெறவில்லை, எலக்ட்ரான்கள் கிடைக்காது, ஆனால் புதிய குறைந்தபட்சத்தை விட புதியதாக இருந்தால், உமிழ்வு ஏற்படாது என்று சோதனைகள் நமக்கு என்ன சொல்கின்றன, எனவே இது வெவ்வேறு உலோகங்களுக்கு புதிய குறைந்தபட்சம் வேறுபட்டது மற்றும் உலோக சோடியம் சீசியம் துத்தநாக ஈயம் போன்றவற்றின் வேலை செயல்பாடுகளை நாங்கள் தொடர்புபடுத்தினோம், இந்த அனைத்து கூறுகளையும் நாங்கள் பார்த்தோம், மேலும் இது நிறுத்தும் திறன் மூலம் வேலை செயல்பாட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது, நான் அதில் இறங்கப் போவதில்லை.

எனவே புதியது புதிய குறைந்தபட்சத்தை விட குறைவாக இருந்தால் உமிழ்வு ஏற்படாது என்று நாங்கள் கூறுகிறோம், எனவே அதே முறையில்

மின் குறைந்தபட்சத்தை விட குறைவாக இருந்தால் உமிழ்வு நடைபெறாது மற்றும் ஆற்றல் பாதுகாப்பை நாங்கள் பார்க்கிறோம், அதாவது எனது புதியது எப்படியாவது தொடர்புடையது.

மறுபுறம் , ஐன்ஸ்டீனின்

சிறந்த அவதானிப்பு இதுவாகும் ஒரு குறிப்பிட்ட குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணின் தொப்பி

ஃபோட்டான்கள் உங்களுக்கு ஆற்றல் அடர்த்தி இருந்தால் பிளாங்க் என்ன சொன்னது u ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்கு இந்த அளவு எதுவாக இருந்தாலும் இதை n என எழுதலாம் h nu h என்பது பிளாங்கின் மாறிலி மற்றும் இது அடையாளம் காணப்பட்டது எண் அடர்த்தி இது எண் அடர்த்தியுடன் அடையாளம் காணப்படுகிறது, எனவே வெளிப்பாட்டின் இடது புறம்

மேக்ஸ்வெல்லின் கோட்பாட்டிலிருந்து வருகிறது, இது ஒளி ஒரு அலை நிகழ்வு என்று நமக்குச் சொல்கிறது, மேலும் அதை நாம் துகள் கோட்பாட்டிலிருந்து வரும் வெளிப்பாட்டிற்குச் சமன்

செய்கிறோம், அதாவது ஒவ்வொரு ஃபோட்டானும் கொண்டு செல்கிறது ஒரு ஆற்றல் h nu மற்றும்

ஒரு யூனிட் தொகுதிக்கு  $n$  ஃபோட்டான்கள் உள்ளன, எனவே மொத்த ஆற்றல் அடர்த்தி  $h \nu$ வில்  $n$  ஆக உள்ளது, எனவே தர்க்கரீதியாகப் பார்த்தால் இது ஒரு பொருந்தாத உறவு, எனவே நாம் என்ன செய்கிறோம் ஆப்பிள்களையும் ஆரஞ்சுகளையும் ஒப்பிடுகிறோம், இடது புறம் ஆப்பிள் ஆகும். அலை சமன்பாட்டிலிருந்து வலது புறம் வரும் ஆரஞ்சு என்பது துகள் விளக்கத்திலிருந்து வரும் ஆரஞ்சு என்பது துகள் மற்றும் அலை இரண்டும் இருக்க முடியாது.

ஒரு துகள் அல்லது அலை என்பது பொது அறிவு நமக்குச் சொல்கிறது, ஆனால் கருப்பு உடல் கதிர்வீச்சைப் புரிந்துகொள்வதற்காக பிளாங்க் இதைச் செய்தார், ஜன்ஸ்டின் அதே யோசனையை எடுத்தார், மேலும் ஒளிமின்னழுத்த விளைவைப் புரிந்துகொள்வதற்காக நாங்கள் அதைப் பயன்படுத்தப் போகிறோம் என்று கூறினார்.

இந்த விளக்கமானது நாம் வழக்கமாகச் செய்யும் செயல்களுக்கு எதிரானது என்பதை புரிந்து கொள்ளுங்கள், அதற்கு மகத்தான தைரியம் தேவை, நிச்சயமாக இரண்டு படங்களையும் சமரசம் செய்ய நிறைய வேலைகள் செய்ய முடியும், ஆனால் இந்த உண்மையை நாம் அறிந்திருக்க வேண்டும்.

எளிமையான அனுமானம் அல்ல, இப்போது எனது பரிசோதனையின் கூடுதல் பண்புகள் உள்ளன, புகைப்பட உமிழ்வுக்குத் தேவையான குறைந்தபட்ச அதிர்வெண் மட்டுமே நான் விவாதித்தேன், அடுத்த கவனிப்பு என்னவென்றால், இது குறைந்தபட்ச அதிர்வெண்ணைத் தாண்டிய தீவிரத்திற்கு விகிதாசாரமாகும்.

காசுதத்தில் மீண்டும் ஒரு குறைந்தபட்ச அதிர்வெண் தேவைப்படுகிறது, ஏனெனில் நீங்கள் வேலை செய்யும் திறனைக் கடந்த பிறகு, நீங்கள் தொடர்ந்து வேலை செய்யும் திறனைக் கடந்த பிறகு.

தீவிரத்தை அதிகரிப்பதன் மூலம் நீங்கள் ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரிக்கிறீர்கள், எனவே ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையால் உமிழ்வு ஏற்படுகிறது என்று நீங்கள் கற்பனை செய்தால், நிச்சயமாக உங்கள் மின்னோட்டம் அதிகரித்து வரும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்துக்கொண்டே இருக்கும், எனவே இந்த படம் மீண்டும் ஜன்ஸ்டினுடன் ஒத்துப்போகும்.

ஒரு நேர்கோட்டு உறவு உள்ளது, அதுவும் ஆச்சரியப்படுவதற்கில்லை, ஏனெனில் உள்வரும் கதிர்வீச்சின் அதிக ஆற்றல் வெளிவரும் எலக்ட்ரானின் ஆற்றலைப் பெருக்குகிறது, எனவே ஒரு நேரியல் தொடர்பு உள்ளது, எனவே ஃபோட்டான் படத்தை நாம் ஏற்றுக்கொண்டால் நாம் தரமான முறையில் பாராட்ட முடிந்தது.

இந்த சோதனை அவதானிப்புகள் அனைத்தையும் கணக்கில் கொள்ள முடியும் மற்றும் அதைத்தான் ஜன்ஸ்டின் செய்தார், எனவே ஜன்ஸ்டின் புரட்சியை மறுபரிசீலனை செய்ய பின்வரும் விஷயம் ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணின் கதிர்வீச்சு  $h \nu$  என்பது குவாண்டாவின் தொகுப்பிற்கு சமம் இப்போது குவாண்டம் என்ற வார்த்தையின் அர்த்தம் துகள் குவாண்டம் என்று அர்த்தமல்ல ஒரு அலகு, அது என்ன, அத்தகைய ஒரு பொருளின் அளவு என்ன அளவு என்பது பரவாயில்லை, ஆனால் துகள் என்ற வார்த்தையைப் பயன்படுத்த முனைகிறோம், ஏனெனில் இது தனித்தனி அலகுகளில் வருகிறது, இந்த குவாண்டம் தனித்தனி அலகுகளில் வருகிறது, எனவே அதிர்வெண் நுவின் கதிர்வீச்சு குவாண்டாவின் தொகுப்பிற்கு சமம் என்று கூறுகிறோம்.

ஒரு ஆற்றல்  $h \nu$  எனவே இது ஜன்ஸ்டின் புரட்சியாகும், அங்கு அவர் ஃபோட்டான் கருத்தை மிகவும் தீவிரமாக எடுத்துக் கொண்டார்,

நான் முன்பு அங்கு என்ன எழுதினேன், அதை இன்னும் அளவான முறையில் மீண்டும் செய்யப் போகிறேன், எனவே நீங்கள் திரையைப் பார்த்தால் கிளாசிக்கல் வெளிப்பாட்டிலிருந்து இரண்டு வெளிப்பாடுகளைக் காணலாம்.

ஆற்றல் அடர்த்தி என்பது எப்சிலானைத் தவிர வேறு ஒன்றும் இல்லை என்று கண்டுபிடி நான் எழுதுகிறேன் மாக்ஸ்வெல்லின் வெளிப்பாட்டைப் பயன்படுத்தினால், அதனுடன் தொடர்புடைய ஆற்றல் அரை எப்சிலானைத் தவிர வேறொன்றும் இருக்காது

மற்றும் சதுரம் இல்லை, இரண்டு பேரும் இங்கே நினைவில் கொள்ள வேண்டிய ஒன்று உள்ளது இந்த வெளிப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் நாம் சராசரியாகப் பெற்றுள்ளோம், அது நியாயமானது, ஏனெனில் புலப்படும் அதிர்வெண்ணில் கூட தெரியும் வரம்பில் கூட 10 முதல் 14 ஹெர்ட்ஸ் வரையிலான வரிசையின் அதிர்வெண்கள் ஒவ்வொரு நொடியும் எனது ஒளி அலையானது 10 சக்திக்கு ஊசலாடுகிறது.

14 மடங்கு மற்றும் நம்மிடம் அந்த மாதிரியான தெளிவுத்திறன் இல்லை, அதேசமயம் ஒளிமின்னழுத்த விளைவு நாம் செய்யும் அனுமானம் என்னவென்றால், upe என்பது ஒரு யூனிட் வால்யூமுக்கு ஃபோட்டான் அடர்த்திக்கு சமம், அதைத்தான் நாம் h nu இல் எழுதுகிறோம்.

நான் அதை மீண்டும் எழுதுகிறேன், அதனால் நாங்கள் என்ன செய்ய விரும்புகிறோம் என்பதை உங்கள் மனதில் நிலைநிறுத்த வேண்டும், இந்த இரண்டு வெளிப்பாடுகளையும் சமன் செய்ய வேண்டும், அதைத்தான் நாங்கள் செய்ய விரும்புகிறோம், எனவே ஆற்றல் அடர்த்தியைப் பெற கிளாசிக்கல் மின்காந்தக் கோட்பாட்டிற்கு கிளாசிக்கல் மெக்கானிக்கைப் பயன்படுத்துகிறேன் மின்காந்த அலையானது, ஒரு யூனிட் தொகுதிக்கு எத்தனை ஃபோட்டான்கள் உள்ளன மற்றும் இந்த இரண்டு வெளித்தோற்றத்தில் முரண்பாடாக இருப்பதைப் பயன்படுத்தி ஃபோட்டான் அடர்த்தி பற்றிய தகவலைப் பெறுவதற்காக நான் பிளாங்க் கருதுகோளைப் பயன்படுத்துகிறேன்.

y கருத்துக்கள் நான் செய்ய விரும்புவது ஒளிமின்னழுத்த விளைவைப் புரிந்துகொள்வதே, நான் அதை நடைமுறையில் உங்களுக்கு வார்த்தைகளில் விளக்கியுள்ளேன், எனவே நாம் செய்ய வேண்டியதெல்லாம், இன்னும் கொஞ்சம் வேலைகளைச் செய்து, அதை ஒரு அளவு அடிப்படையில் வைக்க வேண்டும்.

பிளாங்க் கருதுகோள் ஒரு தயக்கமான விளக்கமாக இருந்தது என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

ஒரு அலையைப் பற்றிப் பேசும்போது, ஒளியை துகள்களின் தொகுப்பாகப் பார்க்க முடியும் என்று நாம் கூறும்போது, ஒரு அலையைப் பற்றிப் பேசும்போது, ஒரு தொடர்ச்சியான செயல்பாடு என்று நினைக்கிறோம்.

விண்வெளி மற்றும் நேரத்தில் அதாவது எந்த நேரத்திலும் ஆற்றல் தொடர்ந்து எல்லா இடங்களிலும் விநியோகிக்கப்படுகிறது, அது எந்த பிராந்தியமாக இருந்தாலும், எடுத்துக்காட்டாக, புலத்தை கருத்தில் கொள்வோம்.

ஒரு புள்ளி துகள் மூலம் உருவாக்கப்படும் நாம் படிப்படியாக செல்லலாம் எனவே புலங்கள் கிளாசிக்கல் புலங்கள் கிளாசிக்கல் மங்கல்களைப் பார்ப்போம், ஒரு புள்ளி துகள் மூலம் உற்பத்தி செய்யப்படும் புலத்தைப் பார்ப்போம், இது ஒரு மின்னழுத்தத்தைக் கொண்டுள்ளது என்று சொல்கிறேன் q இது தொலைவில் உள்ளது r நிலை திசையன் சில ஒருங்கிணைப்பு அமைப்பில் r ஆகும், எனது மின்சார புலம் q ஆல் r ஸ்கொயர்டு r தொப்பியால் வழங்கப்படுகிறது என்று நான் சொல்கிறேன், இதைத்தான் நான் எழுதுகிறேன், இந்த வெளிப்பாட்டை எழுதும் போது இந்த r ஐ இந்த r ஆக எங்கு வேண்டுமானாலும் எடுக்கலாம் என்பது புரிகிறது.

எங்கும் எடுக்கப்பட்டால்,

நான் ஒரு சோதனைக் கட்டணத்தை எடுக்க முடியும் என்று அர்த்தம் q நீங்கள் எங்கு வேண்டுமானாலும் இங்கே வைக்கவும்,

இந்த சூத்திரத்தால் வழங்கப்பட்ட மின்சார புலத்தை நான் அனுபவிக்கிறேன், எனவே இது நேரத்தின் செயல்பாடாக இருந்தால் எனது புலம் நிலையின் தொடர்ச்சியான செயல்பாடு ஆகும்.

இது நேரத்தின் ஒரு தொடர்ச்சியான செயல்பாடாகும், அதனால்தான் நீங்கள் மின்சார புலத்தின் ஒருங்கிணைப்பைப் பயன்படுத்தும் போது அல்லது நீங்கள் எடுத்துக்காட்டாக சாத்தியத்தை எழுதும் போது காஸ் விதி போன்றவற்றைப் பயன்படுத்த முடியும்.

மின்சார புலம் நீங்கள் புலத்தைப் பெற விரும்பினால் நாம் என்ன செய்வோம் சாத்தியக்கூறுகளின் அடிப்படையில் நாம் ஆற்றலின் சாய்வை எடுத்துக்கொள்கிறோம், எனவே சாத்தியத்தின் வழித்தோன்றலை எடுத்துக்கொள்கிறோம், எனவே சாத்தியம் தொடர்கிறது எனது புலம் என்பது மேக்ஸ்வெல்லின் கோட்பாடு என்ன என்பது ஒரு தொடர்ச்சியான செயல்பாடு.

இந்த மின்சார புலமும் ஒரு ஆற்றலைக் கொண்டு செல்கிறது என்று என்னிடம் கூறுவது என்னவென்றால், நான் நினைக்கும் மற்ற உதாரணம் இரண்டு மின்தேக்கி தகடுகள் என்று நான் நினைக்கக்கூடிய மற்றொரு உதாரணம் என்ன, எனவே நான் இங்கே ஒரு சார்ஜ் q ஐ வைக்கிறேன், இங்கே நான் ஒரு சார்ஜ் மைனஸ் q ஐ வைக்கிறேன், எனவே விடுங்கள் நான் ஒரு மின்தேக்கியை எழுதுகிறேன், பின்னர் இரண்டு தட்டுகளுக்கு இடையில் ஒரு நிலையான மின்சார புலம் உள்ளது,

மேலும் இந்த மின்தேக்கி அந்த அளவு மின்சாரத்தை சேமித்து வைக்கிறது அல்லது எந்த ஆற்றல் மின்தேக்கி என்பது ஆற்றல் மின்சார ஆற்றலுக்கான சேமிப்பு பொறிமுறையாகும் மற்றும் நாம் விரும்பும் போதெல்லாம் அதை வெளியேற்றுவோம்.

ஆர்சி சர்க்யூட் எல்சி சர்க்யூட் எல்சிஆர் சர்க்யூட் போன்ற உங்கள் உதாரணங்களான சர்க்யூட்டை நான் முடிக்கும்போது மின்னோட்டம் பாயத் தொடங்கும்.

r மின்காந்தக் கோட்பாடு இது மின்சார புலத்தை சேமித்து வைக்கிறது மற்றும் இந்த வழக்கில் மின்சார புலம்  $2e$  சதுரத்தால் எப்சிலோனால் கொடுக்கப்படவில்லை, நீங்கள் பெறப் போவது இதற்கு விகிதாசாரமாகும், எனவே எனது மின்சார புலம் மீண்டும் ஒரு தொடர்ச்சியான செயல்பாடு ஆகும்.

ஆற்றல் அடர்த்தி என்பது ஒரு தொடர்ச்சியான செயல்பாடு ஆகும், அதாவது நான் ஒரு புலத்தைப் பற்றி நினைக்கும் போதெல்லாம் நான் ஒரு தொடர்ச்சியை கற்பனை செய்கிறேன், அதுதான் மேக்ஸ்வெல்லின் பெரும் பங்களிப்பு என்று அவர் கூறினார், ஆனால் நான் ஒளியின் துகள் தன்மையைப் பற்றி பேசும்போது நான் துகள்களின் நீரோட்டத்தை கற்பனை செய்கிறேன்.

ஒரு துகள் என்ற கருத்து, தொடர்ச்சியின்மை உள்ளது என்று பொருள்படும், அதாவது ஒரு இடைநிறுத்தம் உள்ளது மற்றும் இரண்டு துகள்களுக்கு இடையில் அவசியம் இடைவெளி உள்ளது, இதைத்தான் உதாரணமாக நான் என் நீர் ஒரு குறிப்பிட்ட அடர்த்தியில் உள்ளது அல்லது இந்த பேனா ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் உள்ளது என்று கூறும்போது சொல்கிறோம்.

அடர்த்தி இது ஒரு கச்சா தோராயம் என்று எனக்குத் தெரியும், ஏனென்றால் நான் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி அதன் உள்ளே ஆழமாகப் பார்த்தால் அது வேறுபட்டது , ஏனெனில் வெவ்வேறு அணுக்களுக்கு இடையில் நிறைய இடைவெளி உள்ளது.

துகள் இயல்பைப் பற்றி நான் பேசும் போது , விண்வெளி மற்றும் நேரத்தின் தொடர்ச்சியின்மை பற்றி பேசுகிறோம், எனவே

ஒரு குறிப்பிட்ட இயற்பியல் நிகழ்வுகளால் மேற்கொள்ளப்படும் ஆற்றல் அல்லது வேகத்தின் தொடர்ச்சியான விளக்கத்தை ஒரு தனித்துவமான விளக்கத்தால் மாற்றப் போகிறேன் என்று நான் கூறும்போது.

அதே ஆற்றல் அல்லது வேகத்தில் நாங்கள் ஒரு தீவிரமான மாற்றத்தைத் தொடர்ச்சியாக உருவாக்குகிறோம், இது ஜன்ஸ்டனை மிகவும் தொந்தரவு செய்த ஒன்று, எனவே எனது முந்தைய விரிவுரைகளில் ஒன்றில் ஜன்ஸ்டனின் அசல் தாளைப் பார்க்க உங்கள் அனைவருக்கும் அறிவுறுத்தினேன்.

உங்கள் பன்னிரண்டாம் வகுப்புப் பாடப்புத்தகத்தைப் படிப்பது போல் எளிதாக உள்ளது, மிக மிக நன்றாகத் தரப்பட்டுள்ளது, இது ஒரு தொடர் விளக்கத்தை எவ்வாறு தனித்தனி விளக்கத்தால் மாற்றுவது என்று ஜன்ஸ்டன் இந்தக் கேள்வியை எழுப்பினார்.

உங்கள் திரையில் நீங்கள் பார்ப்பதை அவர் டெம்போரல் ஸ்கேல் என்று கூறுகிறார், இது அவர் டெம்போரல் ஸ்கின் என்ற வார்த்தையைப் பயன்படுத்தும் மிக முக்கியமான வார்த்தையாகும், எனவே நாங்கள் புரிந்து கொள்ள முடியும் டெம்போரல் ஸ்கேல் என்ற வார்த்தையால் நாம் என்ன சொல்கிறோம், எனவே பெரிய தற்காலிக திறன்களில் காணப்படும் அலை இயல்புகளில் சிறிது நேரம் செலவிடுகிறேன்

, இது ஜன்ஸ்டனின் அடிப்படை அவதானிப்பு, எனவே நான் உங்களிடம் சொன்னது போல் எனது மின்காந்த அலை வருகிறது, அதன் அதிர்வெண் 10 முதல் 10 வரை உள்ளது 14 ஹெர்ட்ஸின் சக்தி அதுதான் என்னிடம் உள்ளது மற்றும் நான் இரட்டை பிளவு பரிசோதனையை மேற்கொண்டால், நான் டிடெக்டர்களை வைத்தால், மனிதக் கண் என்றால் என்ன என்பதை நான் ஸ்கேன் செய்து கொண்டே இருக்கிறேன், நான் மேக்சிமா மற்றும் மினிமாவைப் பார்க்கிறேன் , என் ஒளி இல்லை என்று எனக்குத் தெரியும்.

ரெஸ்போ 14 வினாடிகளின் சக்திக்கு 10 பதில் நேரம் உள்ளது, அது என்னிடம் இல்லை, எனவே நான் பார்ப்பது அதிக நேர சராசரி விஷயம், எனவே நீங்கள் எடுத்துக்காட்டாக வரும் துகள்களின் ஓட்டத்தை கற்பனை செய்து, அவற்றின் மாற்றங்களைச் சொல்லலாம்.

நிலைகள் 10 முதல் மைனஸ் 14 வினாடிகளின் சக்திக்கு மேல் மற்றும் கீழே செல்லும் அல்லது

எதுவாக இருந்தாலும் உங்கள் i அல்லது உங்கள் டிடெக்டரின் தெளிவுத்திறன் ஒரு மில்லி விநாடியின் வரிசை அல்லது ஒரு விநாடியின் ஒரு பகுதியின் வரிசையாகும்.

அ பாசாங்கு நீங்கள் செய்யப் போகிறீர்கள் என்று தோராயமாக இருக்கிறது, அது உங்களுக்கு ஒரு தொடர்ச்சியான பொருளின் விநியோகம் இருப்பது போல் இருக்கிறது, அதைத்தான் தற்காலிக ஏற்ற இறக்கம் காரணமாக நாங்கள் சொல்லப் போகிறோம், எனவே நாம் எப்போது சராசரியாக இவ்வளவு கால அளவைக் கணக்கிடப் போகிறோம் 10 முதல் 8 அல்லது 10 இன் சக்தியிலிருந்து 10 அல்லது 10 இன் சக்தியிலிருந்து 12 இன் சக்தி வரை தனித்தன்மை கூட தொடர்ச்சியாகத் தோன்றுகிறது, அதே போல் நம்மைச் சுற்றியுள்ள அனைத்தும் தொடர்ச்சியானதாகத் தோன்றுகின்றன, இருப்பினும் அவை ஜன்ஸ்டின் மூலம் மூலக்கூறுகளால் ஆனவை.

இதை எழுதினார் , அவரது பிரவுனியன் இயக்கத் தாளில் இருந்து வந்த மூலக்கூறு அல்லது பொருளின் தன்மைக்கு நேரடி ஆதாரம் இல்லை, ஆனால் ஜன்ஸ்டின் கூறிய அடிப்படை அவதானிப்பு இதுதான் , டிஃப்ராஃப்ரகூன் குறுக்கீட்டிற்கான உங்கள் சான்றுகள் அனைத்தும் நீங்கள் சராசரியாக 10 க்கு மேல் இருப்பதால் வருகிறது.

14 அலைவுகள் அல்லது 10 க்கு 12 அலைவுகளின் சக்தி, அதேசமயம் எலக்ட்ரானின் உமிழ்வு மிகவும் சிறிய நேர அளவில் நடைபெறுகிறது உண்மையில் நான் உங்களுக்கு ஒரு மதிப்பீடு செய்து, அது 10 முதல் மைனஸ் 9 விநாடிகளின் சக்தி என்று நான் உங்களுக்குச் சொன்னேன் , அந்த அளவுகோலில் நான் உங்களுக்குச் சொன்னது ஒருவேளை இது ஒரு தொடர்ச்சியான விளக்கமாக இருக்காது, ஒருவேளை ஒளியின் குறிப்பிட்ட தன்மையைக் காணலாம், எனவே ஜன்ஸ்டின் தொடர்ந்து செல்கிறார் எங்களுக்கு இரண்டு வெவ்வேறு நிகழ்வுகள் தேவை என்று முன்மொழியுங்கள், மிகச் சிறிய இடைவெளியில் உங்களுக்கு ஒளியின் துகள் இயல்பு தேவை மற்றும் பெரிய நேர அளவீடுகளில் சராசரியாக எதைச் செய்தாலும், நீங்கள் தனித்தன்மையான தன்மையை ஒரு தொடர்ச்சியான தன்மையால் தோராயமாக வரிசைப்படுத்தலாம், எனவே ஜன்ஸ்டின் அது இல்லை என்று கூறுகிறார்.

ஒளி அதிக எண்ணிக்கையிலான துகள்களால் ஆனது என்று நாம் கருதுவது மிகவும் நம்பத்தகாதது, இது நியாயமானது, எனவே நான் உங்களிடம் சொன்னதை மீண்டும் சொல்கிறேன், எனவே ஜன்ஸ்டின் செய்ததை இரண்டு பேரும் திரையில் படிக்க முடியும்.

ஆனால் தீவிர அனுமானங்கள் எனவே திரையில் என்ன இருந்தாலும் படிக்கிறேன் இரண்டு எளிய ஆனால் தீவிர அனுமானங்கள் அதிர்வெண் nu இன் சம்பவ கதிர்வீச்சு 1 ஆக இருக்கலாம் என்பது முதல் அனுமானம் ஒவ்வொரு ஃபோட்டானும் எச் னு ஆற்றலைச் சமந்து கொண்டு ஃபோட்டான் வாயுவின் நீரோட்டமாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது, இப்போது அது ஒரு தரமான அனுமானம் என்பதை நான் விளக்கினேன், ஆனால் மிகக் கவனமாகச் செய்யப்பட்ட மில்லிகன் பரிசோதனையைப் புரிந்துகொள்வதற்கு நமக்கு அதிக அளவு அனுமானங்கள் தேவை.

அந்த அளவு அனுமானங்களைப் பற்றி விவாதிப்பதில் நான் சிறிது நேரம் செலவிடப் போகிறேன், எனவே ஒரு தனிப்பட்ட ஃபோட்டானிலிருந்து ஆற்றலைப் பரிமாற்றுவதன் மூலம் உலோகத்தில் உள்ள அனுமான எலக்ட்ரான்களை இலவச இடத்திற்குத் தப்பிக்கச் செய்கிறேன்,

எனவே நான் அதை உங்களுக்கு விளக்க வேண்டும், எனவே நாங்கள் என்ன சொல்கிறோம், அதனால் உங்களிடம் உள்ளது இங்கே உலோகம் உள்ளது மற்றும் உங்களிடம் ஒரு ஃபோட்டான் ஸ்ட்ரீம் உள்ளது, அது இங்கே வருகிறது , எலக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன, எனவே ஜன்ஸ்டின் கற்பனை செய்வது போல இது எனது ஒளி , இவை எனது எலக்ட்ரான்கள் இப்போது வருகின்றன, இப்போது என்ன நடக்கிறது என்பது ஒளியிலிருந்து ஆற்றலை மாற்றுகிறது.

ஃபோட்டான்கள் மூலம் எலக்ட்ரான்கள் இப்போது ஜன்ஸ்டின் தன்னைத்தானே கேட்டுக் கொள்ளும் பெரிய கேள்வி என்னவென்றால் , எலக்ட்ரானை வெளியேற்றுவதற்கு எத்தனை ஃபோட்டான்கள் தேவை என்பதுதான்.

இதைத்தான் நான் சொல்ல முயற்சிக்கிறேன் என்பதை நீங்கள் புரிந்துகொள்கிறீர்கள், எனவே நாங்கள் என்ன செய்கிறோம் என்று யூகிக்கிறோம், எனவே உங்களுக்கு ஒரு வேலை செயல்பாடு உள்ளது, இது ஆற்றல் அலகு கொண்டது, எனவே இது சுமார் 3 எலக்ட்ரான் வோல்ட் என்று சொல்லலாம், இப்போது சோதனை என்ன சொல்கிறது எலக்ட்ரானை வெளியேற்றுவதற்கு தேவையான புதிய குறைந்தபட்சம், எச் ஆல் ஃபை கொடுக்கப்படுகிறது என்று சோதனை என்னிடம் கூறுகிறது , இது துகள் இயல்பின் பார்வையில் இருந்து எனக்கு சொல்கிறது , அதிர்வெண்ணின்

இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் குறைந்தபட்சம் இரண்டால் சாத்தியமாகும்.

எலக்ட்ரானைத் தாக்கியிருந்தால், எலக்ட்ரான் வெளியே வந்திருக்கும், எனவே ஒரு எலக்ட்ரான் இருப்பதாக கற்பனை செய்து பாருங்கள் , முதல் ஃபோட்டான் சென்று அதைத் தாக்கியது , இரண்டாவது ஃபோட்டான் சென்று அதைத் தாக்கும் போது அது இன்னும் சில ஆற்றலைப் பரிமாற்றுகிறது.

அந்த ஆற்றல் எதுவாக இருந்தாலும் அது வெளிவருகிறது அதாவது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் உண்மையில் ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட ஃபோட்டான்களால் உறிஞ்சப்படும் சாத்தியம் உள்ளது.

வெளியே வர வேண்டும் ஆனால் அது சோதனை முடிவுக்கு எதிரானது, அதிர்வெண் மூன்றில் ஒரு பங்காக இருந்தாலும் புதிய குறைந்தபட்சம் எதுவும் இருந்திருக்காது, அது பத்தில் ஒரு பங்காக இருந்தால் சில எலக்ட்ரான்கள் மூன்று ஃபோட்டான்களை உறிஞ்சுவதன் மூலம் உற்பத்தி செய்யப்படும்.

uh நீங்கள் வேலை செய்தால் 10 எலக்ட்ரான்களை உறிஞ்சுவதன் மூலம் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஃபோட்டான் அடர்த்தி 10 முதல் 12 10 இன் சக்தி முதல் 13 10 இன் சக்தி முதல் 14 இன் சக்தி வரை இருக்கும், எனவே 10 இல் 14 சக்தியாக இருந்தால் சில ஆயிரம் அல்லது பத்தாயிரம் அல்லது பத்து மில்லியன் கூட உறிஞ்சப்பட்டாலும் அதில் பத்தில் ஒரு பங்கை உற்பத்தி செய்வதற்கு உண்மையில் ஒரு பொருட்டல்ல, நீங்கள் எலக்ட்ரானைப் பார்க்க முடியும், எனவே ஜன்ஸ்டீன் சொல்வது என்னவென்றால் , உலோகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானிலும் சரியாக ஒன்று உள்ளது.

இந்த உறிஞ்சுதல் செயல்பாட்டில் நிச்சயமாக உறிஞ்சப்படும் ஃபோட்டான் ஜன்ஸ்டீன் ஒரு கால மரியாதைக்குரிய சட்டத்தை நடைமுறைப்படுத்துகிறார், இது இயற்கையில் ஒருபோதும் மீற முடியாதது மற்றும் அது ஆற்றல் பாதுகாப்பு, எனவே உங்கள் திரையில் எதுவாக இருந்தாலும் மீண்டும் செல்லலாம் நான் என் கணினியில் தட்டச்சு செய்ததைப் பார்ப்போம்.

ஒன்று மிக மிக முக்கியமான ஆற்றல் செயல்பாட்டில் கண்டிப்பாக பாதுகாக்கப்படுகிறது, இது நமக்கு மிக மிக முக்கியமானது அதிகபட்ச இயக்க ஆற்றல் ஃபோட்டானை முழுமையாக உறிஞ்சுவதற்கு ஒத்திருக்கிறது, இது எங்களுக்கு மிகவும் முக்கியமானது, எனவே நான் உங்களுக்கு விளக்குகிறேன் , அது முக்கியமானது மீண்டும் என்னிடம் ஒரு உலோகம் உள்ளது என் கதிர்வீச்சு வருகிறது , எனது எலக்ட்ரான் வருகிறது, வரும் ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானுக்கும் இணையாக எனக்கு ஒரு ஃபோட்டான் தேவை என்று நான் வாதிட்டேன், இது ஒரு சோதனை முடிவு, ஆனால் இப்போது என் எலக்ட்ரான் அனைத்து ஆற்றலையும் உறிஞ்சுவது அவசியமா என்று வாதிட்டேன்.

ஃபோட்டான் என்பது எனது எலக்ட்ரான் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை மட்டும் உறிஞ்சுவது சாத்தியமில்லை, அது எப்படி இரண்டு துகள்களின் சேகரிப்பு போன்றது, எனவே என்னிடம் ஒரு துகள் உள்ளது என்னிடம் இங்கே ஒரு துகள் உள்ளது,

அதனால் இந்த துகள் வந்து அதைத் தாக்கி செல்கிறது, எனவே இறுதி நிலையில் இரண்டும் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை நகர்த்துகின்றன, ஆற்றலின் ஒரு பகுதி இந்த துகளால் எடுக்கப்படுகிறது, அத்தகைய ஒரு விஷயம் சாத்தியமாகும், ஆனால் அதைப் பொறுத்து துகளுக்கு எவ்வளவு ஆற்றல் மாற்றப்படுகிறது என்பதைப் பின்தொடர்ந்து துகள் ஆற்றல் சிறியதாகவும் சிறியதாகவும் மாறுகிறது, எனவே b இன் ஆற்றல் பெரிதாகவும் பெரிதாகவும் மாறும்போது எனக்கு அபாப் உள்ளது, a இன் இறுதி ஆற்றல் சிறியதாகவும் சிறியதாகவும் மாறும், எனவே b அதிகபட்ச ஆற்றலைப் பெறும்போது நான் உங்களுக்குச் சொல்கிறேன் ஒரு அதன் அனைத்து ஆற்றலையும் இழந்து விட்டது, அது மிக முக்கியமானது இல்லையெனில் நிறுத்தும் திறனை நீங்கள் புரிந்து கொள்ள முடியாது, எனவே திரு ஜன்ஸ்டீன் எங்களுக்கு அதிகபட்ச இயக்க ஆற்றலைக் கூறுகிறார், எனவே எனது கணினியில் எழுதப்பட்டிருக்கும் அதிகபட்ச இயக்க ஆற்றல் ஃபோட்டானை முழுமையாக உறிஞ்சுவதற்கு ஒத்திருக்கிறது என்பதை உங்களுக்காக மீண்டும் கவனமாகப் படிக்கிறேன்.

இப்போது நீங்கள் அவற்றை மிகவும் கவனமாகப் பார்த்தால் , பிளாங்க் மற்றும் ஜன்ஸ்டீன் பிளாங்க் பைத்தியத்தின் அணுகுமுறையில் ஒரு அடிப்படை வேறுபாடு இருப்பதை நீங்கள் காண்கிறீர்கள் இ ஃபோட்டானின் அனுமானம் அவர் கரும் உடல் கதிர்வீச்சை விளக்கினார்.

ஆனால், ஜன்ஸ்டீன் ஒரு புதிய உலகத்தைத் திறக்கிறார், சில ஃபோட்டான்கள் தங்கள் ஆற்றலை

முழுமையாகக் கொடுக்காமல் போகலாம் , அதாவது என்னால் முடியும் இதை சோதனை ரீதியாகப் பார்ப்பது, மேலும் சோதனைச் சான்றுகளின் புதிய உலகத்தைத் திறக்கிறது என்பது சரி, இறுதியில் நான் அதைத்தான் செய்யப் போகிறேன், எனவே இது ஒரு சிறந்த அணுகுமுறை மற்றும் பிளாங்க் கருதுகோள் என்ன என்பதை விட முன்னேற்றம் திட்டமிடல் கருதுகோளை இழிவுபடுத்தவோ அல்லது அவமதிக்கவோ இல்லை , ஆனால் இந்த சூழலில் இது உண்மையில் நிறைய நுண்ணறிவு சம்பந்தப்பட்டது என்பதை நாம் புரிந்து கொள்ள வேண்டும், எனவே நான் புள்ளிகளை எழுதினேன், ஏனென்றால் நீங்கள் நூற்றுக்கணக்கான மற்றும் நூற்றுக்கணக்கானவற்றைத் தீர்ப்பீர்கள் என்று நான் நம்புகிறேன்.

மின்னழுத்தத்தின் அதிகபட்ச ஆற்றல் உள்வரும் அதிர்வெண் எண் எலக்ட்ரான்கள் அடர்த்தியில் வெளியேற்றப்பட்ட ஃபோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை நிறுத்தும் ஆற்றலை வரிசைப்படுத்துவதில் உள்ள சிக்கல்கள்,

அதனால் நான் அதற்குள் செல்ல வேண்டாம் ஒரு எலக்ட்ரானின் வேலை செயல்பாடு ஃபை நாட் என்று வைத்துக்கொள்வோம், பின்னர் ஃபை நாட் என்பது கதிர்வீச்சு எலக்ட்ரான்களால் எலக்ட்ரான்களை அமீன் செய்வதற்குத் தேவையான குறைந்தபட்ச ஆற்றல் ஆகும், அது அதிகபட்ச ஆற்றல் எலக்ட்ரானான ஃபோட்டானை அவற்றின் உமிழ்வுக்காக முழுமையாக உறிஞ்சுகிறது மற்றும் ஒவ்வொரு ஃபோட்டானும் ஒரு ஆற்றலைக் கொண்டு செல்கிறது.

பிளாங்க் சொல்கிறது, இவை அனைத்தையும் நான் இணைத்தால் , குறைந்தபட்ச ஆற்றல் என்பது h ஆல் ஃபை அல்ல, அது குறைந்தபட்ச அதிர்வெண்ணை விட அதிகமாக இல்லை , மின்னோட்டம் தீவிரத்துடன் அதிகரிக்கிறது என்பதை நான் ஏற்கனவே உங்களுக்குக் காண்பித்தேன் மற்றும் ஆற்றல் கண்டிப்பாகப் பாதுகாக்கப்படுகிறது .

நாங்கள் உருவாக்கிய புள்ளிகள் மற்றும் இந்த சமன்பாடுகளில் உள்ள அனைத்தையும் நீங்கள் செருகினால் எங்களுக்கு என்ன கிடைக்கும், நான் அவற்றை உங்களுக்காக மீண்டும் எழுதப் போகிறேன்,

எனவே உள்வரும் ஆற்றல் h nu நான் ஆற்றலைப் பாதுகாப்பதைப் பயன்படுத்தப் போகிறேன் வெளிச்செல்லும் ஆற்றல் என்பது எலக்ட்ரானுடையது, எனவே இது ஃபோட்டான் , இது எலக்ட்ரான், எனவே நான் எழுதுகிறேன் ef என்பது e எலக்ட்ரானுக்கு சமம், நான் என்ன எழுதப் போகிறேன் ஓ நான் வருந்துகிறேன், நான் எழுதவேண்டியது இதுவல்ல, மொத்த ஆற்றலை நான் எழுத வேண்டும் , இறுதி நிலையில் உள்ள எனது மொத்த ஆற்றலும் அதிகபட்ச இயக்க ஆற்றல் மற்றும் ஃபை நட, எனவே நான் இங்கே செய்கிறேன் என்று அனுமானம் என்னவென்றால் , சம்பவ ஆற்றல் முழுக்க முழுக்க காரணம் ஃபோட்டான் , எலக்ட்ரானின் நிகழ்வு ஆற்றல் ஆரம்ப ஆற்றல் பூஜ்ஜியம் என்று எழுதுகிறேன், எனவே நான் அதை பூஜ்ஜியமாக எழுதும் போது அதன் மூலம் நான் என்ன சொல்கிறேன் என்றால் அதன் ஆற்றல் மிகக் குறைவாக உள்ளது, எனவே நீங்கள் அதன் ஆற்றல் என்ன என்பதைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

எலக்ட்ரான் எனவே ஆரம்ப மொத்த ஆற்றல் h nu மூலம் வழங்கப்படுகிறது இறுதி மொத்த ஆற்றல் எலக்ட்ரானின் அதிகபட்ச இயக்க ஆற்றல் ஆகும், ஏனெனில் அது ஃபோட்டானை முழுவதுமாக உறிஞ்சிக்கொண்டது, ஆனால் அவ்வாறு செய்யும்போது சில ஆற்றலை விடுவிக்க சில வேலைகள் செய்ய வேண்டியிருந்தது.

கொடுக்கப்பட்டது மற்றும் அது உங்கள் ஃபை நாட், அதைத்தான் நாங்கள் எழுதுகிறோம், எனவே இந்த இரண்டு சமன்பாடுகளையும் எழுத வேண்டும் , இந்த ஃபை நாட் என்பதை நாங்கள் எச் நு நாட் என்று அழைக்கிறோம், ஏனெனில் நு நாட் என்பது குறைந்தபட்ச ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது.

நாம் எழுதும் போது இந்த இரண்டு சமன்பாடுகளையும் இணைத்து h என்று nu மைனஸ் நியூட்டன் nu நாட் என்பது e இயக்கவியல் அதிகபட்சத்திற்குச் சமம், அதைத்தான் நான் h nuவில் h க்கு nu minus mu Naught e max என்று எழுதுகிறேன், ஏனெனில் ஆரம்ப மொத்த ஆற்றல் தலைப்பு மொத்தம் இறுதி ஆற்றல் மற்றும் இது அதிசயத்தின் விளைவே தவிர வேறொன்றுமில்லை, ஏனென்றால் ஃபோட்டானின் அதிகபட்ச ஆற்றலுக்கு ஒத்த எலக்ட்ரானின் இந்த நிறுத்தம் சக்தியை அவர் பார்த்தார்,

எனவே இந்த மிக எளிய விளக்கம்

லெனார்ட் செய்த அனைத்து சோதனைகளையும் முழுமையாக விவரிக்க முடிகிறது.

மில்லிகன் மற்றும் அதற்கு முந்தைய ஹாலோ வாக் மற்றும் ஹெர்ட்ஸ் மூலம் ஒரு வகையில் இது ஒளிமின்னழுத்த விளைவு பற்றிய விளக்கத்தை அல்லது விவாதத்தை நிறைவு செய்கிறது ஆனால் அது முடிவடையவில்லை இன்னும் சில விஷயங்களைச் செய்ய வேண்டும், மேலும் நாம் என்ன செய்ய வேண்டும் என்பதைப் பார்ப்போம்.

ஃபோட்டானின் ஆற்றல் எங்கே என்று நாம் கேட்க வேண்டிய மிக மிக முக்கியமான கேள்வி ஃபோட்டான் ஒரு துகள் என்றால் அதன் நிறை என்ன என்று கேட்கிறோம்.

நாம் பதிலளிக்க வேண்டிய மிக முக்கியமான கேள்வி, இது முற்றிலும் தவறான மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு  $c$  உடன் நகர்கிறது என்பது மிகவும் அப்பாவிதாகக் கணக்கீடு செய்கிறேன், எனவே எனது  $c$  என்றால் என்ன, இது 3 முதல் 10 முதல் வினாடிக்கு 8 மீட்டர் சக்தி வரை இருக்க வேண்டும்.

என் ஃபோட்டான் நிறை  $m$  இருந்தால் என்ன நியூட்டன்

நமக்குச் சொல்வார்,

அதனால் ஃபோட்டானின் என் ஆற்றலை அரை எம்சி ஸ்கொயர் மூலம் கொடுக்க வேண்டும் என்று நியூட்டன் நமக்குச் சொல்வார், அதுதான் ஃபோட்டானின் நிறை  $m$  இருக்கும் இடத்தில் நியூட்டன் நமக்குத் தருவார்.

ஃபோட்டானின் நிறை என்பது ஃபோட்டானின் நிலையான வேகம் என்று சொல்லுங்கள், எனவே அனைத்து ஃபோட்டான்களும் ஒரே ஆற்றலுடன் வர வேண்டும், ஆனால் பிளாங்க் மற்றும் ஜன்ஸ்டன் ஒரு ஃபோட்டானின் ஆற்றல் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து மாறலாம் என்று சொல்கிறார்கள், இப்போது பொருந்தாத தன்மை இருப்பதைக் காண்கிறோம்.

ஆற்றலுக்கான நியூட்டனின் வெளிப்பாடு என்ன என்பதற்கும் ஆற்றலுக்கான பிளாங்க் ஜன்ஸ்டன் வெளிப்பாடு என்ன என்பதற்கும் இடையே ஆம் என்றாலும் இருவரும் ஒரே மாதிரியான துகள் விளக்கத்தைப் பயன்படுத்துகிறார்கள், எனவே இந்தக் கேள்விக்கு நாம் பதிலளிக்காத வரை நாம்  $n$  சரியான வேலையைச் செய்வது துகள் என்ற வார்த்தை அர்த்தமற்ற விஷயமாக இருக்கும், இதற்கு பதில் இருக்கிறது, இதற்கு பதில் என்ன பதில் சார்பியல் கொள்கையில் உள்ளது, எனவே ஜன்ஸ்டன் 1905 இல் மூன்று பெரிய கட்டுரைகளை எழுதினார் என்று நான் சொன்னேன், அது ஒளிமின்னழுத்த விளைவு.

பிரவுனியன் இயக்கம் மற்றும் அது சார்பியல் ஆகும், எனவே சார்பியல் இந்த சிக்கலில் இருந்து நம்மைக் காப்பாற்ற வேண்டும் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது, ஆனால் அது ஒரு எளிய வெளிப்பாடு மூலம் நம்மைக் காப்பாற்றப் போவதில்லை, அதற்கு ஒரு நுண்ணறிவு தேவை, அதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு புத்திசாலித்தனம் தேவை, அது என்ன என்பதை நான் உங்களுக்குச் சொல்கிறேன்.

வெகுஜன ஆற்றல் சமநிலை பற்றி நீங்கள் அனைவரும் கேள்விப்பட்டிருப்பீர்கள், எனவே ஜன்ஸ்டன் சார்பியல் கொள்கையின்படி நமக்கு என்ன சொல்கிறார், ஒரு துகள்களின் மொத்த ஆற்றல்  $m$  naught  $c$  ஸ்கொயர் மூலம் 1 மைனஸ்  $v$  ஸ்கொயர் மூலம்  $c$  சதுரத்தால் கொடுக்கப்படுகிறது, இது அரை மீ நாட்க்கு சமம் அல்ல வி சதுரம் இது அரை மீ நாட் வி சதுரத்திற்கு சமம் அல்ல என்பதை நாங்கள் அறிவோம், எனவே இது எனது ஆற்றலுக்கான வெளிப்பாடு ஆனால் அது எனக்கு உதவாது, ஏனெனில் நான்  $v$  ஐ சமமாக வைத்தால் இதற்கு என்ன நடக்கும் நான்  $c$  வகுக்கு சமமான  $v$  ஐ வைத்தால் அது  $e$  சமம் முடிவிலி என்று எனக்கு சொல்கிறது,

எனவே ஜன்ஸ்டன் அல்லது சார்பியல் நம்மைக் காப்பாற்றும் என்று நான் அவசரமாகச் சொன்னேன், அது ஒரு முரண்பாடாகத் தெரிகிறது, எனவே நாம் இயல்பற்றவர்கள் என்று நியூட்டன் கூறுகிறார்.

அதே ஆற்றலுடன் வரவும், ஆற்றலுக்கான இந்த வெளிப்பாடு, எல்லா ஃபோட்டான்களுக்கும் என்ன ஆற்றல் உள்ளது என்பதை நமக்குச் சொல்கிறது, நாம் சிக்கலில் இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது, ஆனால் அது நாம் அணுக வேண்டிய வழி அல்ல, நாம் இன்னும் கொஞ்சம் கவனமாக பகுப்பாய்வு செய்ய வேண்டும்.

சுற்றிச் செல்ல நாம் என்ன செய்ய வேண்டும் என்பதைப் பார்க்கவும், முழு மேக்ஸ்வெல்லின் சமன்பாட்டைத் திரும்பிப் பார்ப்பதுதான், எனவே மேக்ஸ்வெல்லின் சமன்பாட்டின்படி எனது ஆற்றல் அடர்த்தி எப்சிலோனால்  $2 e$  ஸ்கொயர்களால் கொடுக்கப்படவில்லை மற்றும் எனது உந்த அடர்த்தியானது,

அதனால் வரும் ஒரு விமான அலையை கற்பனை செய்து பாருங்கள்.

ஒரு யூனிட் வால்யூமுக்கு எவ்வளவு உந்தம் இருக்கிறது என்று நான் கேட்கிறேன், எனவே நான் அதை பை மூலம் குறிப்பேன், இது என் உந்த அடர்த்தி, இது சி ஆல் கொடுக்கப்பட்டது, இது பரிமாண

ரீதியாக சரியானது, எனவே இந்த இரண்டு சமன்பாடுகளும் மேக்ஸ்வெல்லிலிருந்து வருகிறது, அதனால் என்ன ஜன்ஸ்டீன் கூறுவார் அல்லது நாம் பின்னோக்கிச் சொல்வதென்றால், ஃபோட்டானுக்கான துகள் விளக்கத்தை நீங்கள் கொடுக்கப் போகிறீர்கள் என்றால், ஆற்றல் அடர்த்தி விளக்கத்துடன் மட்டும் ஒத்துப்போகாமல், உந்த அடர்த்தியின் விளக்கத்துடன் ஒத்துப்போக வேண்டும், இதுவே எனது வேகம்.

ஃபோட்டோ எலக்ட்ரிக் விளைவில் அடர்த்தியானது, எலக்ட்ரான் ஆற்றலை உறிஞ்சுவது மட்டுமல்லாமல், அது வேகத்தையும் உறிஞ்சியது, அதனால்தான் அது ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் வெவ்வேறு வேகத்தில் நகர்கிறது மற்றும் வேக பரிமாற்றம் இந்த பையின் காரணமாக நாம் இப்போது எழுத முடியும் செய்வேன் நான்  $u$  எண் அடர்த்திக்கு சமமாக  $h \nu$  வில் எழுதுவேன் மற்றும் நான்  $p$  என்பது எண் அடர்த்திக்கு சமம்  $u$  மன்னிக்கவும்  $p$  என்பது  $c$  ஆல்  $u$  க்கு சமம் என்று எழுதுவேன், எனவே இது எனக்கு என்ன சொல்லும்

ஒவ்வொரு ஃபோட்டானும் கொண்டு செல்லும் வேகம் என்று சொல்லும் எனவே நான் அதை  $e$  காமா இ காமா என்பதன் மூலம் குறிக்கிறேன்  $h \nu$  மற்றும்  $p$  காமா உந்தம் ஒவ்வொரு ஃபோட்டானாலும் கொண்டு செல்லப்படுகிறது  $h \nu / c$  ஆல் இது ஒரு நிலைத்தன்மையை நிறுவ முயலும்போது இந்த உறவு எனக்கு என்ன சொல்கிறது இது ஒளிமின்னழுத்த விளைவு ஆகும், அங்கு உந்தம் நமக்கு மிகவும் முக்கியமில்லை, ஆனால் நிலைத்தன்மையை நான் ஆற்றலுடன் தொடர்புபடுத்த வேண்டும் என்று கோருகிறது, இது ஆற்றலைப் பற்றி நான் கவலைப்பட வேண்டும், மன்னிக்கவும் வேகத்தைப் பற்றி நான் கவலைப்பட

வேண்டும், மேலும் நாம் செய்ய வேண்டியதைச் சரிசெய்ய இப்போது  $p$  ஐப் பற்றி நான் கவலைப்பட வேண்டும்.

செய் பின்னே சென்று ஆற்றல் வேக உறவுகளை சற்று வித்தியாசமான மொழியில் மாற்றி எழுதுவதுதான் சாதனை, அதை உங்கள் அடுத்த ஸ்லைடில் செய்வேன், அடுத்த ஸ்லைடு என்ன என்பதை நான் எழுதப் போகிறேன் இரண்டு வெளிப்பாடுகள் இதை நீங்கள் அனைவரும் நன்கு அறிந்திருக்கிறீர்கள் எனவே எனது ஆற்றல் அடர்த்தி ஒரு மைனஸ் வி வர்க்கத்தின் மூலத்தின் மேல்  $m$  Naught  $c$  சதுரத்தால் வழங்கப்படுகிறது இந்த குறிப்பிட்ட புள்ளியில் உள்ள அவதானிப்புகள் நான்  $v$  ஐ சமமாக வைக்கும் போது இந்த வெளிப்பாடுகள் அர்த்தமற்றவை, ஏனென்றால் நான்  $m$  ஐ சமமாக வைத்தால் இந்த வெளிப்பாடுகள் அற்பமானவை.

$0$ , ஏனெனில், நிறை இல்லை என்றால் துகள் இல்லை என்பது சரி, எனவே  $m$  ஐ  $0$  க்கு சமமாகப் போடுவது  $e$  சமம்  $p$  க்கு சமமான  $0$   $v$  க்கு சமமானது  $c$  ஐக் குறிக்கிறது  $e$  சமம்  $p$  சமமான முடிவிலி இரண்டும் அர்த்தமற்றவை ஆனால் இப்போது நான்  $0$  க்கு சென்றால் என்ன ஆகும் என்று கேட்பேன், இப்போது நாம்  $c$  க்கு சென்றால் என்ன நடக்கிறது எண்  $0$  க்கு போகிறது, எனவே இதைப் புரிந்துகொள்வதற்கு ஒரு நிலையான வழி இருக்கலாம், அதுதான் நம்மிடம் உள்ளது வேறுவிதமாகக் கூறினால்

, முடிவிலிக்கு  $0$   $c$  க்கு செல்லும் வரம்பைப் பார்க்கப் போகிறோம், மேக்ஸ்வெல் ஃபிரி ஸ்பேஸ் சமன்பாடுகளில் அற்பமான தீர்வுகளைப் பெற்றதைப் போல அற்பமான தீர்வுகள் உள்ளதா என்று நாங்கள் கேட்கிறோம்.

என்ன மின்னோட்டங்கள் மற்றும் மின்னூட்ட அடர்த்திகள் ஆனால் தீர்வுகள் மின்னோட்டங்கள் மற்றும் மின்னூட்ட அடர்த்தி இல்லாதபோதும் பெறப்பட்டன, அப்படித்தான் நமக்கு அலை தீர்வு கிடைத்தது என்பதை நாம் பார்க்கப் போகிறோம் மற்றும் வியை அகற்றுவதுதான் தந்திரம் எனவே அதைச் செய்வோம்

அதனால் நான் செல்கிறேன்  $\hat{a}$  எழுத  $\hat{a}$  again  $e$  gamma is equal to  $h \nu$  and  $p$  gamma equal to  $h \nu / c$  இதைத்தான் மேக்ஸ்வெல் பிளஸ் பிளாங்க் ஜன்ஸ்டீன் சொல்கிறார்கள் அதனால் ஒளியின் துகள் இயல்பின் சீரான விளக்கத்தை நான் பெற விரும்பினால் நான் கவலைப்பட வேண்டியதில்லை  $h \nu$  க்கு சமமான  $e$  காமாவைப் பற்றி, இந்த வெளிப்பாட்டை எவ்வாறு இணைப்பது என்பது குறித்தும் நாங்கள் ஏற்கனவே கவனம் செலுத்தியுள்ளோம், ஏனெனில் ஒவ்வொரு ஃபோட்டானாலும் இயக்கப்படும் உந்தம்  $h \nu / c$  ஆக இருக்க வேண்டும், ஏனெனில் ஆற்றல் அடர்த்தி மற்றும் வேக அடர்த்திக்கு இரண்டு வெளிப்பாடுகள் உள்ளன.

அவற்றுக்கிடையே ஒரு இயற்கையான உறவு இருந்தது என்ன இயற்கையான உறவு  $u$   $p$   $c$  க்கு

சமம் இது என் ஆற்றல் அடர்த்தி இது எனது வேக அடர்த்தி ஒரு ஒற்றை நிற விமான அலைக்கு இந்த இரண்டு வெளிப்பாடுகளையும் வரும் ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்திற்கான வெளிப்பாடுகளுடன் நாம் சரிசெய்ய வேண்டும் ஒரு துகளுக்கு நாம் செய்ய வேண்டியது என்னவென்றால், நான் ஒரு அடிப்படை கவனிப்பை மேற்கொள்கிறேன், எனவே நாம் இப்போது சார்பியல் துகள்களைப் பார்க்கிறோம்,

எனக்கு இரண்டு வெளிப்பாடுகள் தேவை முதல் வெளிப்பாடு, நான் ஒரு மைனஸ் வி ஸ்கொயர் மூலம் சி ஸ்கொயர் மூலம்  $m$  நாட் சி ஸ்கொயர் என்று எழுதும் ஆற்றலுக்கானது.

நிச்சயமாக ஒரு திசையன் ஆனால் அது ஒரு திசையில் மட்டுமே நகர்கிறது என்று கற்பனை செய்து பாருங்கள், எனவே நான் திசையன் அடையாளத்தை வரையவில்லை, இல்லையெனில் நீங்கள் விரும்பினால், பெரிய விஷயமில்லை என்று ஒரு திசையன் அடையாளத்தை வைக்கலாம்.

பிரச்சனைக்குரியது, ஆனால் இவை இரண்டையும் இணைத்தால் ஒருவேளை நாம் எந்த விஷயத்தில் இருக்கிறோம் என்ற சூழ்நிலையிலிருந்து விடுபடலாம், விஷயம் என்னவென்றால்,  $m$  க்கு சமமான  $0$   $e$  க்கு சமமான  $p$  க்கு சமமான  $0$  க்கு சமமாக இருந்தால், எதுவும் இல்லை என்று அர்த்தம்.

மறுபுறம் எந்த இயற்பியல் அமைப்பும் இல்லை என்றால்,  $c$  க்கு சமமாக இருந்தால், முடிவிலிக்கு சமமான  $p$  க்கு சமமான  $k$  ஐப் பெறுகிறோம், இது கவனிக்கப்படுகிறது, ஏனெனில் எல்லையற்ற ஆற்றலுடன் எந்த துகளையும் நாம் காணவில்லை, எனவே நீங்கள் எதைப் பார்க்க முடியாது என்று சொல்கிறோம் பூஜ்ஜிய ஆற்றல் கொண்ட துகள் அது சக்தியால் எந்த வேகமும் இல்லை, அதாவது உண்மையில் மீதமுள்ள ஆற்றல் இதில் அடங்கும் என்பதை நினைவில் வைப்புகள் சி ஸ்கொயர் மட்டும் இயக்க ஆற்றல் இல்லை, எனவே மீ பூஜ்ஜியத்திற்கு சமம் மற்றும்  $c$  க்கு சமம் இரண்டும் இரண்டு தீவிர வரம்புகள் இப்போது அர்த்தமற்றவை நாம் செய்ய விரும்புவது என்னவென்றால், இரண்டையும் ஒன்றாகச் சேர்த்து, இரண்டையும் சமரசம் செய்து, ஒரு நிலையான உறவைப் பெற முயற்சிப்பது மற்றும் நாம் செய்யும் வழி,  $e$  மற்றும்  $p$  ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள குறைபாடுகளை நீக்கிவிட்டு, அற்பமான தீர்வுகள் இல்லை என்றால் மீண்டும் சொல்கிறேன்.

எனவே  $a$  என்பது  $m$   $naught$   $c$  ஸ்கொயர்  $1$  மைனஸ்  $v$  ஸ்கொயர் ஆல்  $c$  ஸ்கொயர்டுக்கு சமம், நீங்கள் அதை உங்கள் நிறை குறைபாடு சூத்திரத்தில் பயன்படுத்துவீர்கள் என்  $p$  என்பது  $m$   $naught$   $v$  என்பது  $mc^2$  ஓன் மைனஸ்  $v$  ஸ்கொயர் ஆல்  $c$  சதுரம்

அதனால் நான் என்ன செய்வேன்  $ei$  இன் சதுரம்  $pi$  இன் வர்க்கத்தை எடுக்கும் ஒரு எளிய கணக்கீடு நான் இல்லை என்று சொல்லும் வேலை செய்யப் போகிறது, அதாவது  $4$  கூட்டல்  $p$  நாட் ஸ்கொயர்  $c$  சதுரம்  $c$  சதுரத்திற்கு சமமாக  $e$  ஸ்கொயர் என்று எழுதலாம்  $c$  சதுரம் என்பது மிகவும் எளிமையான வெளிப்பாடாகும், எனவே  $e$  சதுரம்  $p$  சதுர  $c$  என்பதைத் தவிர வேறில்லை என்பதைச் சரிபார்க்கலாம்.

சதுரம் கூட்டல்  $m$  நாட் ஸ்கொயர்  $c$  க்கு  $4$  இன் சக்தி எனவே இங்கு என்ன நடக்கிறது  $e$  மற்றும்  $p$  இரண்டும்  $m$  க்கு விகிதாசாரமாக இருந்தன, இப்போது  $e$  மற்றும்  $pi$  க்கு இடையேயான தொடர்பு  $p$  என்று எழுதக்கூடாது, அதற்காக நான் மிகவும் வருந்துகிறேன், அதை மீண்டும் எழுதுகிறேன் என்  $e$  சதுரம் என்பது  $p$  ஸ்கொயர்டு  $c$  ஸ்கொயர் மற்றும்  $m$  நாட் ஸ்கொயர்  $c$  க்கு  $4$  இன் சக்திக்கு சமம் எனவே இங்கு ஆற்றல் மற்றும்  $p$  இடையே உள்ள தொடர்பைப் பார்த்தால் அது ஒரே மாதிரியான உறவு அல்ல  $e$  விகிதாசாரம் மற்றும் ஸ்கொயர் என்பது  $p$  ஸ்கொயர்க்கு விகிதாசாரமாகும், இது ஒரு ஒரே மாதிரியான வார்த்தையில் ஒத்திசைவற்ற சொல், அதாவது நான்  $0$  க்கு சமமான  $m$  ஐ வைத்தால் இன்னும் அற்பமான தீர்வுகள் உள்ளன, எனவே நான்  $0$  க்கு சமமாக  $m$  ஐ வைத்தால்  $pc$  க்கு சமமான  $e$  ஐப் பெறுவேன், இதுவே மேக்ஸ்வெல் இடையேயான உறவின் மூலம் கூறுகிறது.

$en$  எரிசக்தி அடர்த்தி மற்றும் வேக அடர்த்தி எனவே நாம் என்ன சொல்கிறோம், இரண்டு வகையான துகள்கள் உள்ளன என்று சொல்கிறோம், மீதமுள்ள நிறை கொண்ட துகள்கள் உள்ளன, அவை  $0$  க்கு சமமாக இல்லை, இந்த துகள்கள் ஒருபோதும் ஒளியின் வேகத்தில் செல்ல முடியாது அவை ஒளியின் வேகத்துடன் நகர்கின்றன, அவற்றின் ஆற்றல் முடிவிலிக்கு செல்கிறது, எனவே அவை ஒருபோதும் நகர முடியாது, ஆனால் மறுபுறம் ஒளியின் வேகத்துடன் எப்போதும் நகரும் துகள்கள் உள்ளன, ஆனால் அவற்றின் ஓய்வு நிறை எவ்வளவு என்பது  $0$  க்கு சமம் பதில்  $0$  க்கு சமம் எனவே எந்த முரண்பாடும் இல்லை, இந்த சமன்பாடு  $0$  க்கு சமம் மற்றும்  $v$  ஐ சமமாக வைத்துள்ளோம், ஆனால் ஆற்றல் எவ்வாறு மாறுகிறது மற்றும் இயற்பியல் அமைப்பு மற்றும்

மேக்ஸ்வெல்லைச் சார்ந்திருக்கும் வேகம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை நமக்குக் கூறவில்லை.

மேக்ஸ்வெல் சமன்பாட்டிலிருந்து வரும் உள்ளீடுகளின் அதிர்வெண் காரணமாக இது மாறுகிறது என்று நமக்குச் சொல்கிறது ,

எனவே நாம் வழங்கிய ஒளியின் துகள் தன்மையைப் பற்றி பேசுவது சரியான அர்த்தமுள்ளதாக இருப்பதைக் காண்கிறோம்.

சார்பியல் கருத்துடன் இணைத்து

, அதிக வேகத்தைப் பார்க்கும்போது ஒரு துகள்களின் வேகம் பெரிதாகி பெரிதாகும் போது நியூட்டனின் இயக்கவியலைப் பயன்படுத்த முடியாது என்பதை நாம் அனைவரும் அறிவோம், ஆனால் நாம் ஜன்ஸ்டீனிய இயக்கவியலைப் பயன்படுத்த வேண்டும், இதுவே நம்மிடம் உள்ளது.

இப்போது நான் செய்யப் போவது மிக முக்கியமான விஷயம் என்னவென்றால், கூடுதல் சோதனை ஆதாரங்களை வழங்குவது,

அதை என்னால் விரிவாக விவாதிக்க முடியாது, ஆனால் அது ஃபோட்டான் என்ற கருத்தில் உங்கள் நம்பிக்கையை மீட்டெடுக்க வேண்டும்

, ஜன்ஸ்டீன் என்றால் என்ன என்று பார்ப்போம்.

இவை அனைத்தும் சரியானதாக இருக்க வேண்டும், எனவே முதலில் ஒளி ஒளியின் சிதறலைப் பார்ப்போம்

, சூரியனின் ஒளி நம்மை அடையும் போது அது வளிமண்டலத்தால் சிதறடிக்கப்படுகிறது , உண்மையில் இது புற ஊதா காரணமாக அயனோஸ்பியரில் இருந்து பிரதிபலிக்கிறது.

ஒளியின் சிதறல் ரேலே சிதறல் என்று அழைக்கப்படுகிறது, அங்கு ஆரம்ப அதிர்வெண் இறுதி அதிர்வெண்ணுக்கு சமமாக இருக்கும் , உள்வரும் அதிர்வெண்  $f$  ஐப் போன்றது.

இன்னல் அதிர்வெண் எதுவும் நடக்கப்போவதில்லை , பரவும் திசையில் மட்டுமே மாறுகிறது, ஆனால் ஆற்றல் மாறாது அல்லது அதிர்வெண் மாறாது, ஆனால் ஜன்ஸ்டீன் கருதுகோளை நீங்கள் நம்பினால்,

உங்கள் கதிர்வீச்சு ஒரு பகுதியின் உள்ளே வருவதற்கான சாத்தியம் என்ன? ஆற்றல் எலக்ட்ரானுக்குச் செல்லலாம் ஆனால் எலக்ட்ரானின் ஒரு பகுதி ஒரு ஃபோட்டான் சிதறலாம், அதாவது நான் சிதறிய ஃபோட்டான் அல்லது சிதறிய ஒளியைப் பார்த்தால் எலக்ட்ரானை மட்டும் பார்க்கவில்லை சில சிதறிய ஒளி உள்வரும் ஒளியை விட குறைவான அதிர்வெண்ணைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

ஜன்ஸ்டீன் அப்படி ஒரு நிகழ்வு இருக்கிறது என்று கூறுகிறார், அது ஜன்ஸ்டீனின் காலத்திலும் இருந்தது மற்றும் ஸ்டோக்ஸ் சட்டம் என்று அழைக்கப்படும் ஸ்டோக்ஸ் சட்டம் என்ன சொல்கிறது, ஸ்டோக்ஸ் சட்டம் இங்கே ஒரு புதியது இருக்கிறது என்று சொல்கிறது ஒரு எலக்ட்ரான் வருகிறது , இது புதிய பகுதி உறிஞ்சப்படுகிறது, நான் அதை திட்டவட்டமாக காட்டுகிறேன், எனவே இது எனது ஆரம்ப ஆற்றல் இது எனது இறுதி அதிர்வெண்  $nu$   $f$  என்பது  $nu$  ஐ விட குறைவாக உள்ளது, ஏனென்றால் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி மட்டுமே எலக்ட்ரானுக்கு மாற்றப்பட்டுள்ளது, எனவே லாம்ப்டாவை விட லாம்ப்டா  $f$  பெரியது, இந்த உறவை ஒளியின் அலைக் கண்ணோட்டத்தில் இருந்து புரிந்து கொள்ள எளிதானது அல்ல, ஆனால் இங்கே அது மிகவும் உள்ளது.

இயற்கையான விஷயம் மற்றும் ஜன்ஸ்டீன் கூறுகையில், ஒளியின் துகள் தன்மைக்கு மற்றொரு சோதனை ஆதாரம் உள்ளது, அதாவது இது ஸ்டோக்ஸ் விதி இதுதான் ஸ்டோக்ஸ் சட்டம் என்று அழைக்கப்படுகிறது, எனவே நாங்கள் முன்பு நினைக்காத கூடுதல் சோதனை ஆதாரத்தை நாங்கள் விவாதித்தோம்.

ஒளிமின்னழுத்த விளைவு பற்றிய ஜன்ஸ்டீனின் விளக்கம் இப்போது பிளாங்க் கருதுகோளை விட வலுவானது என்று நான் ஏன் சொன்னேன், அது உண்மையாக இருந்தால்,

வேகம் மற்றும் ஆற்றல் இரண்டையும் கண்காணிக்கக்கூடிய ஒரு பரிசோதனையை என்னால் செய்ய முடியும், அது காம்ப்டன் சிதறல் என்று அழைக்கப்படுகிறது, எனவே கற்பனை செய்து

பாருங்கள் இங்கே வரும் ஒரு ஃபோட்டான் இங்கே ஒரு எலக்ட்ரான் வருகிறது , ஒரு ஃபோட்டான் வெளியே செல்கிறது, ஒரு எலக்ட்ரான் வெளியே செல்கிறது காமா காமா எலக்ட்ரான் எலக்ட்ரான்

நீங்கள் பார்க்கலாம் கேம்ப்டன் சிதறல் என்று அழைக்கப்படும் மொத்த ஆற்றலும் மொத்த உந்தமும் பாதுகாக்கப்படும் இரண்டு துகள்களுக்கு இடையேயான ஒரு முழுமையான மீள்

மோதலாக இது அழைக்கப்படுகிறது, மேலும் குவாண்டம் சிதறல் முதன்முதலில் 1911 அல்லது 1912 இல் காணப்பட்டது என்று நான் நம்புகிறேன் , மேலும் நீங்கள் முழு உறவையும் பயன்படுத்தினால் சமம்  $h \nu$   $p$  க்கு  $h \nu$   $p$  க்கு சமம், நாங்கள் ஆர்வமாக உள்ள கடைசி ஒன்றை நீங்கள் புரிந்து கொள்ள வேண்டும், அதுதான் ராமன் சிதறல் என்று அழைக்கப்படுகிறது, மேலும் இந்த ஜன்ஸ்டன் ஒளிமின்னழுத்த விளைவுகளில் ஒரே ஒரு ஃபோட்டான் மட்டுமே என்று கருதிய பிறகு நான் உங்களை விட்டுவிடுவேன்.

ஒளிமின்னழுத்த விளைவில் உறிஞ்சப்படுகிறது, ஆனால் ஒரு ஃபோட்டான் மட்டுமே உறிஞ்சப்பட வேண்டும் என்று நமக்குச் சொல்லும் இயற்பியல் கொள்கை எதுவும் இல்லை , எலக்ட்ரான் ஒரு நேரத்தில் ஒரே ஒரு ஃபோட்டானுடன் மட்டுமே தொடர்பு கொள்ள வேண்டும் என்று யாரும் என்னிடம் சொல்லவில்லை, எனவே இந்தக் கொள்கையை உருவாக்கும் சரியான வழி என்ன என்று நான் கூற வேண்டும்.

ஒரு ஃபோட்டானுக்கும்

ஒரு எலக்ட்ரானுக்கும் இடையிலான தொடர்புக்கான நிகழ்தகவு, எலக்ட்ரான் இரண்டுடன் தொடர்பு கொள்ளும் நிகழ்தகவுடன் ஒப்பிடும்போது மிகவும் பெரியது.

ஃபோட்டான்கள் அல்லது எலக்ட்ரானே ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் ஃபோட்டானுக்கு ஆற்றலைக் கொடுக்கும் மற்றொரு வாய்ப்பும் உள்ளது,

எனவே ராமன் விளைவு விஷயத்தில் என்ன நடக்கிறது என்பது உண்மையில் எலக்ட்ரான் சிதறடிக்கும் மற்றும் உண்மையில் இந்த நேரத்தில் அதிக ஆற்றலைப் பெற முடியும்.

எனது ஃபோட்டான் எப்பொழுதும் எலக்ட்ரானுக்கு ஆற்றலை மாற்றும் என்று கருதப்படுகிறது, ஆனால் எலக்ட்ரான் அனைவருக்கும் ஆற்றலை ஃபோட்டானுக்கு மாற்ற முடியும், அப்படியானால் சிதறிய எலக்ட்ரானுக்கு அதிக அதிர்வெண் இருக்க வேண்டும், இவை ஆன்டி-ஸ்டாக் லைன்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

ஸ்டோக்ஸ் எதிர்ப்பு கோடுகள் மற்றும் அது ஃபோட்டான் கருதுகோளின் விளைவாக மீண்டும் புரிந்து கொள்ளக்கூடிய பிரபலமான ராமன் விளைவு ஆகும், எனவே நாம் என்ன செய்தோம் என்பதை முடிவு

செய்ய, சோதனை உண்மைகளுக்கு கவனமாக கவனம் செலுத்துவதும், அதன் அடிப்படையில் புரிந்து கொள்ள முடியாது என்பதை உணருவதும் ஆகும்.

அலை விளக்கம் ஆனால் அலை விளக்கம் குறுக்கீட்டின் அடிப்படையில் மிகவும் வலுவான சோதனை அடித்தளத்தைக் கொண்டுள்ளது என்றும் நாங்கள் கூறினோம் மற்றும் டிஃப்ராக்டிவ் பின்னர் நாங்கள் கவனிக்கும் குறுக்கீடு மற்றும் மாறுபாடு நிகழ்வுகள் அலைவுகளின் அடிப்படை நேர அளவோடு ஒப்பிடும்போது மிகப் பெரிய நேர அளவீடுகளை உள்ளடக்கியது என்று கூறினோம், அதேசமயம் ஒளிமின்னழுத்த உமிழ்வில் மிகச் சிறிய நேர அளவுகள் அனுமதிக்கப்படுகின்றன , மேலும் துகள் இயல்பு மிகவும் நியாயமற்ற விஷயம் அல்ல என்று நாங்கள் கூறினோம்.

அதைத்தான் ஜன்ஸ்டன் கூறினார், மேலும் எங்களால் ஒளிமின்னழுத்த விளைவை விளக்க முடிந்தது, மேலும் இந்த மாதிரியானது தன்னை வெளிப்படுத்திக் கொள்ளும் நல்ல மாதிரியைப் போலவே இது கருதுகோளைச் சரிபார்க்க கூடுதல் வழிகளைத் திறக்கிறது மற்றும் நாங்கள் மூன்று குறிப்பிட்ட நிகழ்வுகளைக் காண்பித்தோம் .

அதிக அலைநீளம் அல்லது குறைந்த அதிர்வெண் இது ஆற்றலின் ஒரு பகுதியையும், ஒரு இலவச எலக்ட்ரானுக்கும் இலவச ஃபோட்டானுக்கும் இடையில் நிகழும் வேகம் அல்லது காம்ப்டன் சிதறலின் ஒரு பகுதியையும் மாற்றுகிறது, ஆனால் இங்கே எலக்ட்ரான்கள் அனைத்தும் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன, நீங்கள் வேகத்தைப் பற்றி கவலைப்பட வேண்டும்.

எலக்ட்ரான் மற்றும் ஃபோட்டானின் உந்தம் ஆகியவை முற்றிலும் ஒத்துப்போகின்றன துகள் விளக்கம் மற்றும் இயுதியாக நான் கடந்து செல்லும் ராமன் விளைவில் குறிப்பிட்டேன், அங்கு உண்மையில் வெளிவரும் கதிர்வீச்சு அதிக அதிர்வெண்ணைக் கொண்டிருக்கலாம், அங்கு ஃபோட்டான் உண்மையில் ஆற்றலைப் பெறுகிறது, நான் கடைசி பகுதிக்கு முழுமையான நீதியைச் செய்யவில்லை, எனவே அதைப் பற்றி அதிகம் கவலைப்பட வேண்டாம் நீங்கள் பின்பற்றவில்லை, ஆனால் உண்மை என்னவென்றால், ஜன்ஸ்டன் செய்தது வெறும் கற்பனையின் உருவம் அல்ல அல்லது ஏதோ ஒரு வகையான கையேடு அல்ல அலையானது நிகழ்வைப் போல அலையை வெளிப்படுத்தலாம் என்பது ஒரு இயற்கையான கேள்வி எழலாம் ஒருவேளை கிளாசிக்கல் ஒரு துகள் ஒரு நிகழ்வைப் போன்ற ஒரு அலையை வெளிப்படுத்தலாம்

, இது இளவரசர் லாயிஸ் டி ப்ராவ்லியின் சிறந்த உள்ளூணர்வு சிறந்த நுண்ணறிவு,  
எனவே இப்போது அடுத்த வகுப்பிலிருந்து நாம் எடுக்கப் போகிறோம் உங்களுக்கு நல்ல நேரம்  
கிடைப்பதை நிறுத்துவோம்

Prutor@iitk