תוכנית רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראת המדעים
במימונה של קרן קיסריה אדמונד בנימין דה רוטשילד

קרן רוטשילד קיסריה

המחלקה להוראת המדעים

קורס ספקטרוסקופיה, תשע"ג

פרופ' רון נעמן

מיפוי תכנים של הרצאה 2

המיפוי נעשה על ידי מירב דינור בהנחיית פרופ' רון בלונדר

זמן	תוכן.
0:58-2:10	משמעות האיברים במשוואת שרדינגר- משמעות קלאסית אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית. משוואה של ערכים עצמיים הפונקציה נקראת פונקציה עצמית סקלר- ערך עצמי
2:32-4:38	בעיית חלקיק בתבה. הצגת מצב- דוגמא: כדור בכיור- פוטנציאל המיקום האפשרי שלו.דוגמא יפה שמסבירה מה משמעות פוטנציאל ∞, שלא מאפשר לחלקיק להיות במקום., לעומת פטנציאל שמאפשר את נוכחות החלקיק.
5:13-5:52	כיצד מתנהג חלקיק קלאסי בקופסא. ללא אנרגיה קינטית התחלתית ניתן לדעת את מיקום הכדור בודאות, ואת מהירותו ששוה ל 0.
6:22-8:10	חלקיק בעל מהירות התחלתית, ציר פוטנציאל הוא ציר של אנרגיה. יחידות של פוטנציאל הן יחידות של אנרגיה.בעיה חד מימדית, בהתעלמות מכוח הכובד הפוטנציאל של חלקיק בתיבה = 0 כך שכל האנרגיה של החלקיק היא רק האנרגיה הקינטית. החלקיק עושה אוסילציות במהירות קבועה, מתנגש וחוזר.
9:03-10:10	חזרה, סיכום מכניקה קלאסית, מקום + מהירות, אנרגיה התחלתית, מהירות קבועה, בכל מקום החלקיק יבלה את אותו זמן. אנרגיות מותקרות- ערך כלשהוא, כל אנרגיה מותרת, רצף של אנרגיות שמותר להיות בהם.
10:44	מכניקה קוונטית- משוואת שרדינגר מתארת תופעות גליות. דברולי- כ חלקיק קל מספיק ואיטי מספיק ניתן לתאר ע"י משוואת גל. תופעות גליות- אור, קול.
11:43-13:14	דוגמת הגיטרה כדוגמא הקרובה ביותר לקלאסית שהיא קוונטית. מיתר- מערכת יוצרת גלים על מיתר. הקתוות קשורים, לא יכולים לזוז, כמו הקופסא, הגל קשור לקירות. פונקצית הגל בקירות = 0 תנאי שפה $\psi(0)=0$ $\psi(L)=0$
13:53-15:17	משמעות של פונקצית גל, הסתברות למצוא את החלקיק במקום מסוים. בקצוות ההסתברות = 0 + משמעות.
15:30	בטבע אין בעיות עם פוטנציאל אינסופי, אבל זה קירוב מספיק טוב.
16:00-17:00	האם ניתן לשים אדם במקום חלקיק בתיבה?
17:21-18:47	פתרון של משוואת שרדינגר עבור חלקיק בתיבה. בעצם צריך לפתור רק עבור התחום 0 – L. הפוטנציאל בתיבה הוא 0 ולכן נשאר לכתוב רק את האנרגיה הקינטית. פתרון מתמטי נגזרת שניה של הפונקציה = קבוע*הפונקציה, הפונקציה היא סינוס.
20:23	ציור של הפונקציה סינוס, ציור של הנגזרת קוסינוס
22:40	משמעות של נגזרת- שיפוע. ניתן להוכיח את זה על הפונקציות עצמן.
22:51	סינוס וקוסינוס מקיימים את המשוואה.
23:57-24:36	דוגמא ספציפית. מכיוון שגם cos פותר את המשוואה, הפתרון הכללי של משוואת שרדינגר יכול להיות קומבינציה. דוגמא.

זמן	תוכן.
25:38	מה הפתרון? שימוש בפיסיקה(לא מתמטיקה כמו קודם) פתרון שמקיים את תנאי השפה. הפונקציה ב 0 צריכה להתאפס.
28:28-29:32	מסקנה- cos לא יכול לקיים את תנאי השפה, הוא לא מתאפס ב 0. נשאר ψ (x) = Dsin kx תנאי שפה שני: ψ (L) =0 = Dsin(Kl)
30:01	K = 0 הסתברות למצוא את החלקיק בכל המרחב הוא 0. לא פתרון פיסיקלי אבל פתרון. בנוסף כל מכפלה של ∏ נותנת 0 לסינוס. מכפלה של ∏ מקיימת את תנאי השפה השני ∏* Kl = n n /L K = n *∏= 1,2,3= מוגבל ע"י גודל התיבה.
32:10	הגדרת k ע"י בידודו ממשוואת שרדינגר.
32:26	הבנת משמעות k ע"פ משוואת שרדינגר.
33:17-34:58	המטרה להבין מהו k – דרך מתמטית. המסקנה- הקבוע הוא בעצם האנרגיה. $2m/\hbar^2 * E=k^2$
36:17-37:38	התקבל יחס בין E לk k יכול לקבל רק מספרים בדידים שהם כפולות של L / ¶ *n
37:38-38:25	דוגמאות ספציפיות מתאימות / לא מתאימות. יתאימו רק ערכים שיגרמו לפונקציה להתאפס בקצוות.
38:58-40:08	דוגמאות לסינוסים המתאימים לתנאי השפה. n = 1 הצבה במשוואה ψ (x) = Dsin(¶ /l* x) הפונקציה מתאפסת ב 0 וב L
40:49-43:34	חזרה נוספת על כל השלבים
43:35-44:26	ההבדל העקרוני בין מכניקה קלאסית לקוונטית הוא שבמכניקה קלאסית כל פתרון אפשרי ומכניקה קוונטית לא כל פתרון הוא אפשרי. לגבי האנרגיות- האנרגיה קשורה ל- k ניתן לראות שלא כל ערכי האנרגיה מותרים.. זה קוונטות- מצבים מקוונטטים.
44:27-44:59	ישנם מצבים בדידים, כל מצב מקבל שם לדוג' n = 1 ניתן לחשב את האנרגיה של המצב, וניתן לדעת כיצד נראית פונקצית הגל.
45:28-46:49	כיצד זה בא לידי ביטוי בפועל במיתר? על מיתר נוצרים גלים עומדים. אם הגל לא יתאים, לא יתאפס בקצוות האמפליטודה שלו תדעך מהר מאוד, כי הוא מנסה להרעיד קיר. האנרגיה עוברת לקיר. כשפורטים ישנם הרבה גלים בהרבה תדירויות, אבל הגלים היחידים שניתן לשמוע גם אחרי שניה הם הגלים שמתאפסים בקצוות.
47:21-48:14	בפריטה על מיתר, יש קומבינציה לינארית, ערבוב של כל המצבים המותרים. מצב אסור לא קיים.
48:24-49:29	העברה לספקטרוסקופיה- איזו הפרעה ניתן לעשות, היכן צריך לפרוט כדי לקבל את הגל, איפה פורטים כדי לקבל הרמוניה שניה.
50:33-51:24	המשך ניתוח של חלקיק בתיבה, חזר על הניתוח הקודם.
51:30-52:40	לא כל אנרגיה אפשרית, הנמוכה ביותר היא כש n = 1 בניגוד למכניקה קלאסית שבה האנרגיה הנמוכה ביותר היא 0 במכניקה קוונטית לאנרגיה הנמוכה ביותר יש ערך. כאשר יודעים שהאנרגיה היא 0 יודעים את מהירות החלקיק ואת מיקומו, ובמכניקה קוונטית זה בלתי אפשרי.
54:12	הרמה הבאה- פתרון משוואת האנרגיה.
54:49-56:03	משמעות של פונקצית הגל, במכניקה קלאסית בכל רגע נתון אפשר לדעת מהירות ומיקום. במכניקה קוונטית- ע"פ עיקרון אי הודאות לא ניתן לדעת גם מהירות וגם מיקום, לכן פונקצית הגל היא הסתברות.
58:30	לפונקצית הגל שמתאר את המצב השני יש ערכים חיוביים, וגם ערכים

זמן	תוכן.
	שליליים- אין הסתברות שלילית. הפתרון- ההסתברות מגדירה את הערך המוחלט של הפונקציה.
1:01:00	משמעות הקבוע D , האינטגרל סופר מה ההסתברות למצוא את החלקיק בתוך התיבה. במקרה של פונקצית הגל, ההסתברות היא הפונקציה בריבוע.
1:02:48	האינטגרל על ההסתברות בכל המרחב שווה למספר החלקיקים. אם יש חלקיק 1 האינטגרל הוא 1.
1:03:00	למה 1 ?
1:03:46	תשובה ברורה.
1:04:09-1:05:37	משתמשים בתכונה הזאת כדי לקבל את D נוכל לקבל את התנאי ל D. D אמפליטודה של אורך הגל.
1:07:14	תנאי אחרון: $D = \sqrt{2} / L$ פתרון מלא לחלקיק בתבה.
1:09:01-1:09:32	סיכום- משוואת שרדינגר, פתרונות בדידים, סינוסים, פונקצית גל הסתברות, ערך מוחלט- אינטגרל 1, D אמפליטודה.
1:09:46-1:10:08	מתי חשוב הסימן של פונקצית הגל? הסימן נקרא פאזה. פריטת מיתר- הפאזה מגדירה איך הגל ינוע בזמן.
1:11:08-1:11:27	מה קורה לרמות האנרגיה כשלוקחים חלקיקים כבדים לגבול ∞ ? חלקיקים כבדים אמורים להיות קרובים להתנהגות קלאסית.
1:11:48-1:12:12	ההפרשים בין הרמות קטנים ככל שהחלקיקים גדולים יותר
1:21:22-1:12:46	האנרגיה הנמוכה ביותר שואפת ל 0 כמו בחלקיק קלאסי. דמיון בין חלקיק כבד למכניקה קלאסית
1:14:18-1:17:34	איזה בעיות בטבע הפוטנציאל הזה מתאר? מערכת של קשרים כפולים מצומדים- אורך התיבה אורך הקשר בין הפחמנים. אורביטל p לא עובר היברידיזציה, הוא חופשי. בין אורביטלי p נוצר איזור שבו האלקטרונים יכולים לנוע בחופשיות כמו בתיבה.הגדלת אורך השרשרת מגדיל את התיבה למה זה חשוב? ספקטרוסקופיה בודקת באיזה ערכי אנרגיה השרשרות בולעות אור. מכיון שמדובר על אלקטרון שמסתו ידועה ותיבה שהיא אורך השרשרת. ניתן לחשב את הערכים הרצויים.. דבר נוסף- ננו חלקיקים- לננו חלקיקים בתמיסה יש פריסה של צבעי הקשת. הגורם להם הוא גודל התיבה.
1:19:02	הננו חלקיק האלקטרון מוגבל בתנועה לפי גודל אותו חלקיק.
1:19:51	ת יבה שהיא לא חד מימדית, שרשרת הפחמן היא חד מימדית. אטום- תלת מימדי.
1:20:37	פתרון הבעיה בדו מימדי- הצגת הבעיה.
1:20:51-1:23:48	ההסתברות למצוא חלקיק מחוץ לתיבה 0 ובתוך התיבה נוכל למצוא אותו.
1:24:05-1:24:48	הסבר לגבי מימדים.
1:26:05-1:27:20	פתרון משוואת שרדינגר עבור דו מימד. 2 נגזרות בשני כיוונים. הפוטנציאל יכול להיות פונקציה של xy ההסתברות למצוא את החלקיק מחוץ לתיבה הוא 0 לכן צריך לבדוק רק בתוך גבולות התיבה. הפוטנציאל 0.
1:28:54-1:30:17	פונקצית הגל תלויה ב x ובע y
1:31:00-1:31:54	תשובה לשאלה לגבי פוטנציאל 0, נסיון לתת ערך שונה לפוטנציאל.
1:33:30-1:34:24	מה האנרגיה של חלקיק? אנרגיה פוטנציאלית +קינטית (קלאסי). אם מודדים הפרש הבעיה לא משתנה.

זמן	תוכן.
1:35:35-1:36:44	אוסילטור הרמוני- קפיץ. ההבדל בין תיבה לקפיץ. קפיץ- האנרגיה עוברת מפוטנציאלית לקינטית, יש נקודה (בה הקפיץ רפוי) שבה כל האנרגיה היא קינטית.
1:37:40-1:38:06	חזרה לתיבה דו מימדית, אין פוטנציאל כל האנרגיה היא קינטית.
1:40:23-1:42:52	הפוטנציאל לא תלוי ב x ולא ב y הפרדה של הבעיה. בדיקה מתמטית- פונקציה שתלויה ב y קבועה לגבי x ופונקציה שתלויה ב x קבועה לגבי y
1:43:33-1:45:19	פישוט המשוואה
1:45:36	הסבר על משמעות התוצאה- פונקציה 1 + פונקציה 2 = אנרגיה (מספר) מתי זה קורה?
1:48:11	רק כאשר כל אחד מהם יהיה שווה למספר (סקלר). כל אחד מהם מתנהג כמו חלקיק בתיבה חד מימדית.
1:48:28	אנרגיה שווה לסכום האנרגיה של x והאנרגיה של y
1:49:30	ניתן לפתור בעיה: כל עוד אין עירבוב של דרגות חופש, ניתן לפתור כל אחד בנפרד והאנרגיה היא הסכום.