

תוצאות נוספות של אפקט א-ב הן: השפעה על קוונטיזציה של שטף, הזזה של רמות אנרגיה של מצבים קשורים, השפעה על פיזור האלקטרון ע"י סליל. כל ההשפעות האלו קורות בלי שהאלקטרון נמצא באיזור השדה המגנטי, ובמובן זה יש לאפקט א-ב אופי לא לוקאלי (אם כי לא ניתן להעביר בעזרתו מידע ממקום למקום באופן מיידי).

יקיר אהרונוב, (יליד 1932, חיפה) שעל שמו קרוי האפקט הוא פיסיקאי ישראלי, חתן פרס ישראל. הוא חבר האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, בשנת 1993 נתקבל כחבר באקדמיה האמריקנית למדעים. הוא היה בין הבוגרים הראשונים של הפקולטה למדעים בטכניון בחיפה, ובו החל את מחקרו בהנחיית הפיסיקאי הנודע דיוויד ברוס. עבודת הדוקטורט שלו נמשכה באוניברסיטת בריסטול שבאנגליה, שאליה עברו שניהם. בשנת 1959 גילה אהרונוב את "אפקט אהרונוב-בוהם" ב-1960 סיים את עבודת הדוקטורט, שכללה גם ניתוח אי-ההודאות אנרגיה-זמן ואי-הלוקאליות של תורת הקוונטים (ע"ע). בסיום הדוקטורט עבר לאוניברסיטת בראנדייס שבארה"ב ואחרי שנה התמנה לפרופסור מן המניין באוניברסיטת ישיבה בניו יורק. ב-1967 חזר ארצה לאוניברסיטת תל אביב.

אהרונוב תרם תרומה גדולה להבנת יסודות תורת הקוונטים, בין השאר בחקירה ובמציאת דרכים ליישובן של הסתירות בין תורת המדידה הקוונטית לבין תורת היחסות (ע"ע). הוא היה הראשון לגלות רבות מהתופעות המפתיעות של תורת הקוונטים. לבד מאפקט אהרונוב-בוהם קרויים עוד אפקטים קוונטיים רבים על שמו. חשיבתו המקורית וכשרו לחדור אל ליבה של כל בעיה פיסיקאלית הניעו מדענים רבים בארץ ובעולם לשתף איתו פעולה במחקרים מגוונים מאוד, מאינטראקציות יסודיות בטבע ועד לפיסיקה של חורים שחורים (ע"ע).

כאות הוקרה לתרומתו המדעית זכה א' בתארים ופרסים רבים, ביניהם פרס וייצמן למדע תשמ"ד, פרס רוטשילד לפיסיקה תשמ"ד ופרס ישראל למדעים תשמ"ט, והיה לישראלי הראשון שזכה במדליית אלייט קרסון של מכון פרנקלין בפילדלפיה (1991).

ב-1984 גילו אהרונוב ואהרון כשר אפקט דואלי לאפקט א-ב. אפקט אהרונוב-כשר מנבא הזזה של תמונת התאבכות של נייטרונים המקיפים תייל טעון. גם כאן החלקיקים מושפעים בלי שיופעל עליהם כוח. האפקט הוכח נסיונית ב-1989.

אפקט א-ב מופיע לא רק בתורה האלקטרומגנטית אלא בכל תורות הכיול, בפרט בתורות כיול לא אגליות שהן המועמדות הטובות ביותר לתיאור של אינטראקציות היסוד, ולכן האפקט הינו כלי תיאורטי חשוב לחקירתן. לאפקט השלכות מרחיקות לכת גם על הפיסיקה של חומר מעובה. מלבד חשיבתו התיאורטית, שילובו של אפקט א-ב עם הטכנולוגיה המודרנית הביא ליישומים מהפכניים בחקירת תכונות מזוסקופיות ומיקרוסקופיות של חומרים. לר.

אוּגַנְדָה. (ר' א, מ, מב). 17,190,000 תושבים (אומדן 1988), כמעט כולם אפריקנים. זהו גידול של כ-22% בתוך 7 שנים, שמקורו בריבוי הטבעי הגבוה - 3.2% בממוצע שנתי - והוא בא למרות מותם של רבים במלחמות שבטיות וברעב. תוחלת החיים הממוצעת היא מן הנמוכות ביבשת: 49 שנה לגברים 51 שנה לנשים. תמותת התינוקות היא 101 לאלף לידות חי. 1983 היתה מיטה אחת בבית-חולים ל-19,650 תושבים, ומספר הרופאים היה 65 - רופא אחד לערך לכ-22,000 תושבים. צפיפות האוכלוסייה 1988 היתה 73 נפש/קמ"ר - שיעור שהוא מן הגבוהים באפריקה, וזאת למרות שרק 10% מן התושבים ישבו בערים ובראשן הבירה קמפלה (700,000 תושבים לפי מפקד 1982). העיר השנייה בגודלה, ג'ינג'ה, מנתה 55,000 תושבים. 30% מן התושבים הם קתולים, 20% פרוטסטנטים, 6% מוסלמים, והשאר - עובדי אלילים. שיעור הבערות הוא 43%.

ב-1989 היה התל"ג 4,254 מיליון דולר, והתל"ג לנפש 250 דולר - שיעור נמוך אפילו לגבי מדינה אפריקנית. החקלאות תרמה 72% מן התוצר הלאומי ופידנסה 80% מן התושבים; התעשייה תרמה 7% מן התוצר והעסיקה 5% מן המועסקים. צריכת האנרגיה היתה 25 ק"ג יחידות נפט לחושב (לשם השוואה: בקניה, השכנה מדרום, אף היא מדינה עם

אולם הכותבים היהודים-נוצרים אינם מזכירים את מכה והכעבה, אשר האסלאם כורך את קדושתן בדמותו של א"א. עובדה זו הובילה את קרונה וקוק להשערה, הנסמכת גם על מקורות חיצוניים אחרים, שלפיה גרעינו הראשוני של רעיון חידוש דת אברהם באסלאם, היה מעוגן בשאיפה משיחית יהודית שדבקה בקדושתה של ירושלים וא"י, ולא בזו של מכה והכעבה. א.ו.ר.

לקריאה נוספת

P. Crone & M. Cook, *Hagarism*, Cambridge 1977; S. Pines, "Jahiliyya and 'ilm", *Jerusalem Studies in Arabic and Islam*, XIII, 1990; U. Rubin "Hanifiyya and Ka'ba - an inquiry into the Arabian pre-Islamic background of din Ibrahim", *Jerusalem Studies in Arabic and Islam*, XIII, 1990.

אגרנט, שמעון. נפטר ב-1992

אהרונוב-בוהם, אפקט. אפקט אהרונוב-בוהם הוא תופעה קוונטית, שבה חלקיק מושפע מנוכחות שדה שמחוץ למסלולו. מתוך סוגים רבים של אפקט א-ב יתואר להלן המפורסם שבהם, האפקט המגנטי. במיתקן שיש בו שני סדקים, שעורכים בו ניסוי התאבכות של אלקטרונים, מציבים סליל ארוך שבו עובר זרם (ר' איו.ר). על פי תורת הקוונטים עובר כל אלקטרון במובן מסוים דרך שני הסדקים בעת ובעונה אחת, ולכן מסלולו מקיף את הסליל. השדה המגנטי של סליל כזה מתאפס מחוץ לסליל והאלקטרונים המתאבכים אינם עוברים דרך שדה זה (זאת ניתן להבטיח באמצעות מיסוך הסליל בעל-מוליך). למרות זאת, תמונת ההתאבכות זזה בהתאם לגודל השטף של השדה המגנטי בתוך הסליל. הפזה הקובעת הזזה זו ניתנת ע"י אינטגרל על המסלול:

$$\Phi_{AB} = \frac{e}{\hbar c} \oint A \cdot dr$$

\hbar הוא קבוע פלנק, e מטען האלקטרון, c מהירות האור, ו A הפוטנציאל הווקטורי של השדה המגנטי.

אפקט א-ב גרם למהפכה בתפיסת חוקי הפיסיקה. עד לגילוי סברו שפוטנציאל הינו כלי מתימטי גרידא העוזר לחשב את השדה, וכי רק לשדה יש השפעה ישירה. אף שהאפקט אומת באופן נסיוני כבר ב-1960 בידי צ'יימברס, התפתח ויכוח עירני על נכונותו ומשמעותו של אפקט א-ב, וזמן רב עבר עד ליישובו. המבקרים טענו שלפוטנציאל לא יכולה להיות משמעות פיסיקאלית, כיוון שניתן לאפסו בכל נקודה בעזרת טרנספורמצית הכיול. ברם, לא ניתן לאפס את הפוטנציאל בכל נקודה ונקודה בעת ובעונה אחת, והאינטגרל של הפוטנציאל על כל המסלול נשאר ללא תלות בטרנספורמצית הכיול. לכן, למרות שאין תוכן פיסיקלי לפוטנציאל בנקודה, האינטגרל של הפוטנציאל על המסלול Φ_{AB} הינו גודל פיסיקאלי. האינטגרל גם אינו תלוי בצורתו של מסלול החלקיק אלא רק במספר היסובים של החלקיק מסביב לסליל. האפקט הוא איפוא טופולוגי.

