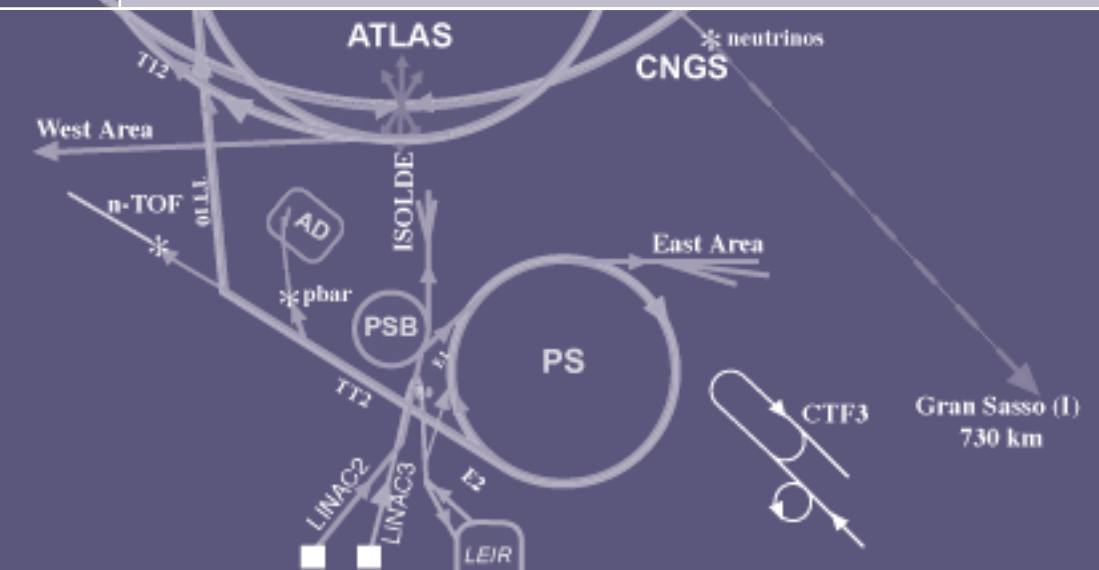
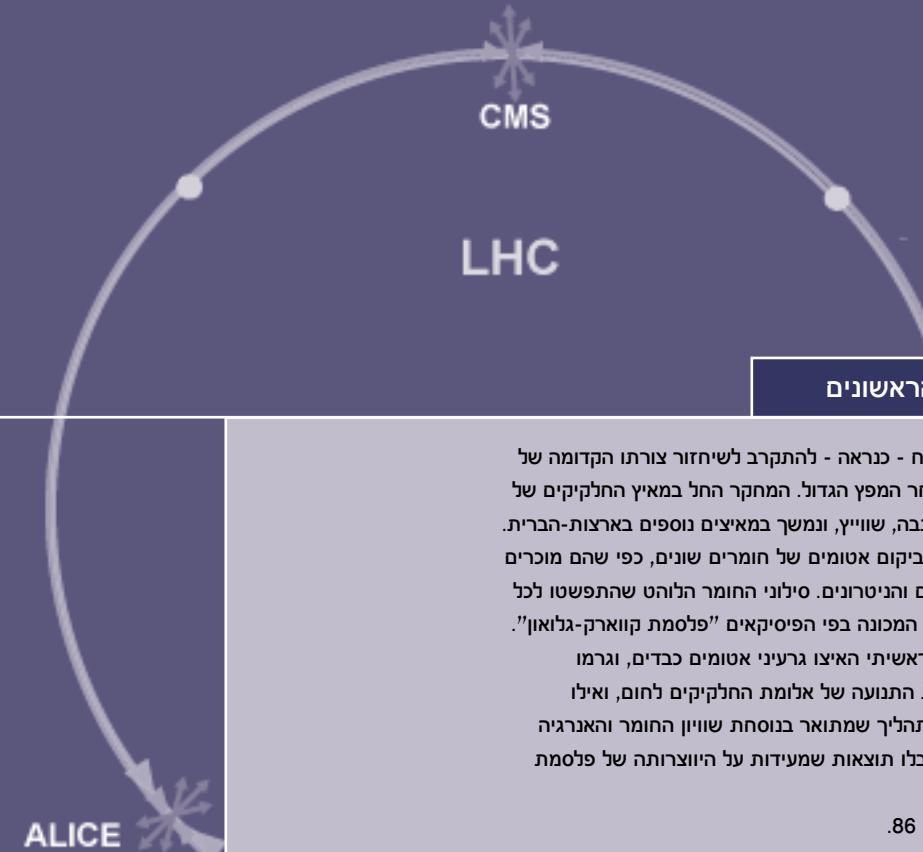


רגעי הקיום הראשונים

צוות מחקר בין-לאומי, בראשותו של מדען מהמכון, הצליח - כנראה - להתקרב לשיחזור צורתו הקדומה של החומר כפי שהתקיים בכמה מיליוניות השנייה הראשונות לאחר המפץ הגדול. המחקר החל במאיץ החלקיקים של המעבדה האירופית לחקר פסיקת החלקיקים (סר"ן) שליד ז'נבה, שווייץ, ונמשך במאמצים נוספים בארצות-הברית. ברגעי הקיום הראשונים לאחר המפץ הגדול עוד לא היו ביקום אטומים של חומרים שונים, כפי שהם מוכרים לנו כיום. למעשה, באותה עת עדיין לא "נולדו" גם הפרוטונים והניטרונים. סילוני החומר הלוהט שהתפשטו לכל עבר הכילו תערובת נדירה של קווארקים וגלואונים חופשיים, המכונה בפי הפיסיקאים "פלסמת קווארק-גלואון". המדענים שביקשו לשחזר את החומר במצבו הכמעט בראשיתי האיזו גרעיני אטומים כבדים, וגרמו להתנגשויות רבות עוצמה. כתוצאה מכך הפך חלק מאנרגיית התנועה של אלומת החלקיקים לחום, ואילו חלק אחר של אנרגיית התנועה הפך לחלקיקי חומר שונים (תהליך שמתואר בנוסחת שוויון החומר והאנרגיה המפורסמת של אלברט איינשטיין: $E=Mc^2$). בניסוי זה התקבלו תוצאות שמעידות על היווצרותה של פלסמת קווארק-גלואון.

על התפתחות נוספת במחקר זה - ראו אבן דרך מספר 86.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

1995

מי מנדנד את מזג האוויר

מדען מהמכון הציע הסבר לאופי הכאוטי של תופעת ה"אל ניניו" באוקיינוס השקט. "אל ניניו" כרוך בהתחממות חריגה של פני האוקיינוס השקט המתחוללת מדי שלוש עד שבע שנים, סמוך לתקופת חג המולד ("אל ניניו" משמעו, בספרדית, "הילד", ובהקשר זה הכוונה היא לישו הנוצרי, שאת הולדתו מציינים בחג המולד). על-פי ההסבר המוצע לתופעה, מחזור עונות השנה (הכולל רוחות, שינויים בטמפרטורות המים והאוויר, ועוד) משפיע על תנועת הגלים הפנימיים באוקיינוס השקט בדרך השקולה ל"דחיפה" המבוצעת מדי שנה. דחיפה מחזורית זו, בשילוב עם תהליכים לא ליניאריים שונים, עשויה ליצור את האופי הלא-מחזורי (כאוטי) של התחממות פני האוקיינוס.

"אל ניניו" גורם למזג אוויר קשה וחריג במיוחד ברחבי העולם: שטפונות, היעלמות דגה, בצורות קשות, סופות, ועוד. אירועים אלה גורמים סבל רב לאוכלוסיות גדולות מאוד, ומסבים נזקים כבדים מאוד לכלכלתן של הארצות שבהן מתחוללים האירועים. הבנת תופעת ה"אל ניניו" - ומחזוריותה המשתנה - עשויה לסייע בחיזוי האירועים ובהיערכות כלכלית מתאימה לקראתם.

100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



1995

המוליך למחצה הטהור בעולם

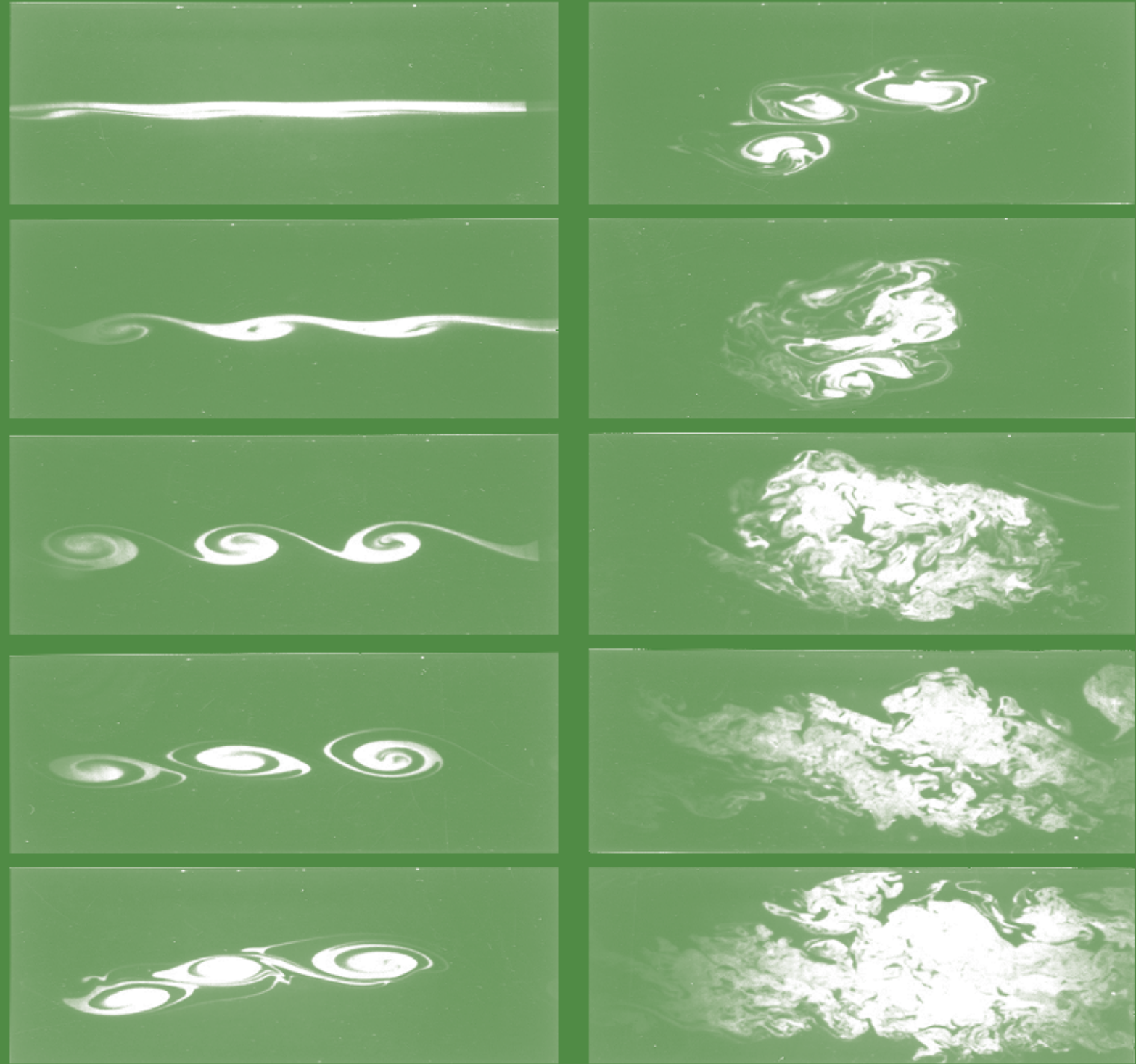
מדעני המכון פיתחו את המוליך למחצה (גאליום ארסני) הטהור ביותר בעולם. האלקטרוניקה הנעים בחומר הטהור הזה יכולים לנוע למרחקים גדולים ביותר שהושגו עד כה, מבלי להתנגש בחלקיקים אחרים. הישג זה מעמיד לרשות חוקרי מכוני ויצמן למדע אמצעי מחקר חשוב במרוץ העולמי לפיתוחם של מעבדים אלקטרוניים יעילים ומהירים יותר.

מהירות תנועתם של האלקטרוניקה בחומר כלשהו תלויה בין היתר במידת ה"טוהר" של החומר הזה. ככל שהחומר מכיל יותר "זיהומים" של חומרים זרים, האלקטרוניקה שנעים בו נוטים להתנגש לעיתים קרובות יותר בחלקיקי חומר אחרים, דבר שמאט את מהירותם. ובהתאמה, ככל שחומר הוא טהור יותר, האלקטרוניקה שנעים בו עוברים מרחקים גדולים יותר מבלי להתנגש בחלקיקים אחרים, דבר שמתבטא בהגברת מהירות התנועה הממוצעת של האלקטרוניקה האלה.

מדעני המכון שיצרו את המוליך למחצה הטהור השתמשו לשם כך במערכת ריק (ואקום) ייחודית, אשר הותקנה ושוכללה במרכז למחקר תת-מיקרוני במכון.

מדעני המכון הצליחו להבין - אם כי לא לחלוטין - את אופיה הסטטיסטי של תופעת הזרימה הטורבולנטית, שאלה שהוגדרה כ"אחת הבעיות הפתוחות הגדולות האחרונות של הפיזיקה הסטטיסטית". זרימה טורבולנטית, כאוטית, היא תופעה אוניברסלית המתחוללת בגזים ובנוזלים הזורמים בצינור, על הקרקע או במרחב הפתוח. אפשר לראות את התופעה הזאת בחיי היום-יום, למשל, כאשר פותחים את הברז במטבח ומתבוננים במים הזורמים דרך פתח הניקוז של הכיור. בתחילה נראה שהמים זורמים באופן מסודר, אבל עם הזמן, ובמיוחד כאשר מגבירים את עוצמת הזרם, הזרימה הופכת גועשת, סוערת, כאוטית. גם זרימת האוויר מסביב לגופה של מכונית נוסעת היא זרימה טורבולנטית, והיא אחד הגורמים העיקריים המתנגדים לתנועת המכונית ומעכבים אותה. עד כה לא הצליחו מדענים להבין לחלוטין את התופעה. תיאוריה חלקית שהוצעה בעניין זה מצליחה לחזות בקירוב את התפתחות הזרימה הטורבולנטית. מדעני המכון מצאו ניסוח מתמטי אשר מאפשר לבצע שיפור משמעותי ביכולת הניבוי של התיאוריה הקיימת. עבודה זו נותנת בידי המדענים את אבני הבניין הדרושות לבנייתה של תיאוריה סופית וממצה ביחס לזרימה הטורבולנטית הכאוטית. תיאוריה שלמה לגבי הזרימה הטורבולנטית עשויה לאפשר, למשל, את סיכול הזרימה הטורבולנטית של האוויר סביב גופם של מכוניות ומטוסים, דבר שיפחית במידה ניכרת את צריכת הדלק שלהם.

100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע



1996

המקור

חלקיקים בעלי אנרגיה גבוהה מאוד, העולה על 100 מיליארד ג'יגה-וולט (פי-10 מיליון יותר מהחלקיקים בעלי האנרגיה הגבוהה ביותר המיוצרים במעבדות), פוגעים באטמוספירת כדור-הארץ ללא הפסקה. המקור של חלקיקים אלה ואופן היווצרותם עדיין אינם ידועים. מדעני המכון הציעו, כי חלקיקים אלה נוצרים בקרבת חורים שחורים צעירים שמאסתם דומה לזו של השמש, חורים אשר אחראים גם ליצירתם של הבזקים חזקים של קרני גמא. מודל זה מנבא ייצור של חלקיקי נייטרינו בעלי אנרגיה גבוהה - חלקיקים חסרי מטען וכמעט חסרי מאסה, הממעטים לקיים קשרי גומלין עם מרכיבי חומר אחרים. גלאי ענק, שבנייתם נשלמת והולכת ואשר ימוקמו מתחת למים ולקרח, יאפשרו למדענים לבחון את תקפותו של המודל. זיהוי חלקיקי הנייטרינו החזויים יאפשר לבחון את העקרונות העומדים בבסיס תורת היחסות הפרטית והכללית בדיוק חסר תקדים.

100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע

היָם האקליִם ומודלים הפוכים

אמדענים מהמכון, שפעלו בשיתוף פעולה עם עמיתים אמריקאים, פיתחו מודל מתמטי אוקיינוגרפי עולמי, ראשון מסוגו. המודל נבנה בשיטה הלקוחה מתחום הרובוטיקה, הניווט והבקרה, אשר קרויה "שליטה אופטימלית". בשיטה יעילה במיוחד זו, עלות החישוב היא ליניארית עם מספר המשתנים במודל (ולא עולה בריבוע, כמו במודלים הקודמים).

המודל הזה בנוי "הפוך" בהשוואה למודלים אחרים. מודלים רגילים דורשים נתונים של הרוחות המניעות את זרמי הים, ומחשבים את שינויי הטמפרטורה והמליחות של האוקיינוס כדי לנסות להסיק את תוצאותיהם האקלימיות. אלא שנתוני הרוחות הקיימים אינם אמינים, ואילו הטמפרטורה והמליחות ידועים היטב, יחסית. לכן בנו החוקרים מודל המסוגל "לחשב לאחור", ולגלות את הרוחות ושאר גורמים לא ידועים אשר הובילו למצב הידוע של הטמפרטורה והמליחות. השיטה החדשה מאפשרת שימוש במודלים מפורטים ומדויקים יותר, והיא עשויה להוביל לשיפור היכולת לחזות שינויים אקלימיים אפשריים בכדור-הארץ.

מדעני מכון ויצמן תכננו ובנו מלכודת מתוחכמת לאיחסון יונים. מלכודת זו איפשרה להם לבצע חלק ניכר מהניסויים שעד אז אפשר היה לעשות רק בטבעות גדולות לאיחסון יונים. מדובר בניסויים ביונים המקוריים עד לטמפרטורת (אנרגיית) הבסיס שלהם, כלומר האנרגיה הנמוכה ביותר שבה חלקיק יכול להתקיים, ובה הוא כמעט חדל לנוע. כאשר היונים המולקולריים נתונים במצב "קפוא" כזה, קל יותר לחקור את תכונותיהם, כגון המבנה והדינמיקה שלהם.

חמש טבעות גדולות לאיחסון יונים היו קיימות בעולם עד לפיתוח המקורי של מדעני המכון. מדובר במתקנים יקרים ונדירים, שפרקי הזמן לביצוע ניסויים בהם ניתנים במשורה למדענים מכל העולם. מצב עניינים זה גרם למדענים "לנצל" בעילות מרבית את המשאב היקר ("זמן הטבעת"), דבר שמשמעותו היא ביצוע ניסויים שתוצאותיהם כמעט מובטחות מראש, תוך ויתור על ניסויים "הרפתקניים". אלא שכידוע, במקרים לא מעטים, דווקא הניסויים ה"הרפתקניים" האלה הם אלה שמובילים לתגליות ולפריצות דרך. המלכודת שבנו מדעני המכון צנועה בהרבה בהשוואה לטבעות הגדולות, אך לעומת זאת היא מאפשרת להם לבצע ניסויים "הרפתקניים" שעשויים להוביל אותם אל הלא נודע.

ספריית הפיסיקה על שם נלה וליאון בנוזיו

ספריית הפיסיקה על-שם נלה וליאון בנוזיו תוכננה על-ידי זרחי אדריכלים בשנת 1996. העמדת הספרייה על מערכת עמודים בנייתוק מהקרקע היא ממאפייני הסגנון המודרניסטי. הקורות היורדות ממישור התקרה מתחברות לעמודים עגולים רחבים בשני צידי הספרייה, תוך שהם משאירים חלל פנימי ריק מעמודים - המשרת את מדפי הספרים בלבד. בקומת הקרקע קיבלו העמודים עיצוב ייחודי, המבוסס על סיבוב של כותרת העמוד ביחס לתחתיתה ב-45 מעלות, כשבין התחתית לכותרת מקשרות פאות משולשים. בנייני המחלקות לפיסיקה התפתחו במידה משמעותית במהלך השנים, ובניינים רבים נוספו בקרבת הספרייה, שקומתה המפולשת הפכה למבואה כללית הפתוחה למספר כיוונים. כלומר, הרעיון המודרניסטי שהחלל זורם מתחת לבניין יושם כאן במלואו.

במבואה שמתחת לספרייה הוקם איזור עבודה לסטודנטים, אשר מופרד באמצעות מחיצת זכוכית צרובה בעלת מבנה גלי, המעניק תחושה של דינמיות שמזכירה נמלי תעופה.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



סודות ההרמוניה השלישית

מדעני המכון פיתחו שיטות חדשניות למיקרוסקופיה אופטית המבוססות על שימוש בדחפים של אור לייזר שנמשכים פרקי זמן קצרים ביותר - פמטו-שניות אחדות (היחס בין 10 פמטו-שניות לבין דקה שקול ליחס שבין דקה אחת לבין גיל היקום). המדענים גילו, שכאשר הבזק לייזר קצר כזה בעוצמת אור רבה מאוד עובר בחומר שקוף, חלק קטן ממנו מומר באור בעל צבע אחר, בהרמוניה. כלומר, תדר האור (הצבע) גדל בדיוק פי שניים או פי שלושה מהתדר המקורי. למשל, אור באורך גל של 1.5 מיקרון (אינפרא אדום) שיעבור בחומר שקוף, בעוצמה רבה מאוד, יומר בחלקו הקטן לאור בתדר גדול פי שלושה - אור ירוק. זוהי ההרמוניה השלישית העומדת בבסיסה של אחת השיטות למיקרוסקופיה לא ליניארית. בשיטה זו אפשר לבצע "חיתוך אופטי", ולבחון מישור אחד בתוך האובייקט התלת-ממדי בדרך של שליטה בעומק אשר אליו ימוקד האור, דבר שיגרום לכך שרק בעומק זה תיווצר ההרמוניה השלישית. כך אפשר להתמקד, למשל, רק בקרומיהם של התאים החיים, או רק באברונים תוך-תאיים מסוימים, או רק במולקולות חלבון המצויות בעומקו של חלל התא.

1997

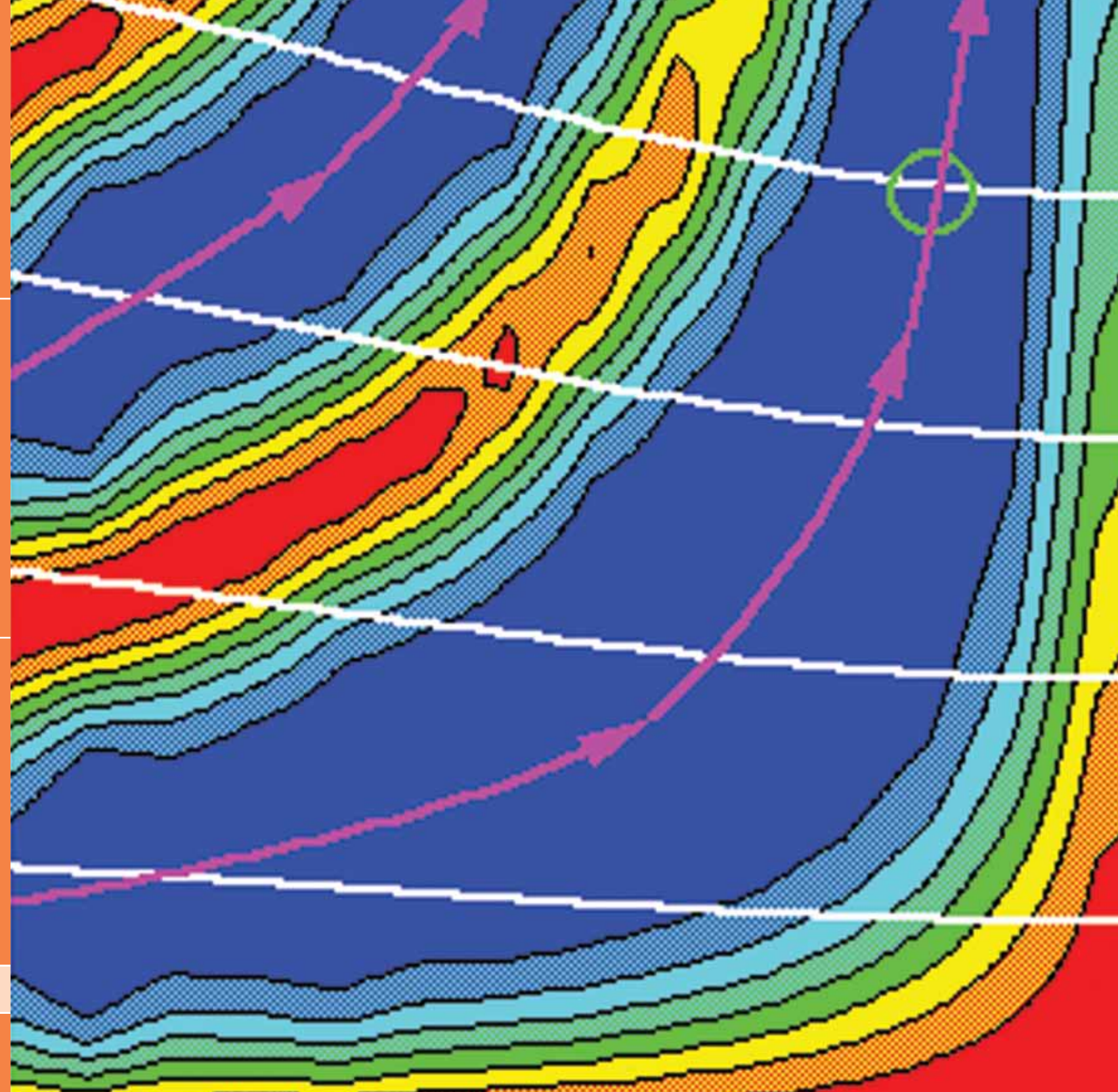
כל גל נושא מזכרת

מדעני מכון ויצמן למדע פיתחו שיטה חדשה להפרדת איזוטופים, המתבססת על יישום עקרונותיה של תורת הקוונטים. היכולת להפריד בין איזוטופים שונים חשובה מאוד בתעשייה הכימית המתקדמת, בתעשיית הביוטכנולוגיה וההנדסה הגנטית, בתעשיית התרופות והמיכשור הרפואי, במחקר מדעי, ובתחומים רבים נוספים. השיטה החדשה מבוססת על אחת מתכונותיה של תורת הקוונטים - אי-אפשר לדעת את מקומו ואת מהירות תנועתו של חלקיק בעת ובעונה אחת. כך נעשית מציאותו או אי-מציאותו של חלקיק במקום מסוים מעובדה חד-משמעית לעניין של הסתברות. למעשה, אלקטרון הנע במסלול סביב גרעינו של אטום מסוים נראה מבעד למשקפיה של תורת הקוונטים כמעין "ענן של הסתברויות".

מתברר, ש"ענן ההסתברויות" עצמו משנה את צורתו באופן מחזורי: הוא דועך, נעלם, חוזר ומופיע כשני "ענני הסתברויות", או כארבע או שש, או יותר "חבילות גלים". מחזוריות השינויים בהופעת "ענני ההסתברויות" או "חבילות הגלים" שונה וייחודית לכל איזוטופ.

מדעני המכון פיתחו דרך לשימוש בקרני לייזר לשם הפעלת מניפולציות שונות על "ענני ההסתברויות". השיטה מאפשרת מעין "הנדסה של חבילות גלים", אשר באמצעותה אפשר לשלוט בהתפתחות ההסתברות שהאלקטרון (או כל חלקיק קוונטי אחר) יימצא במקום מסוים ברגע מסוים. מכיוון שכאמור המחזוריות הזאת ייחודית לכל איזוטופ, מאפשרת השיטה להפריד בין איזוטופים שונים.

100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



1997

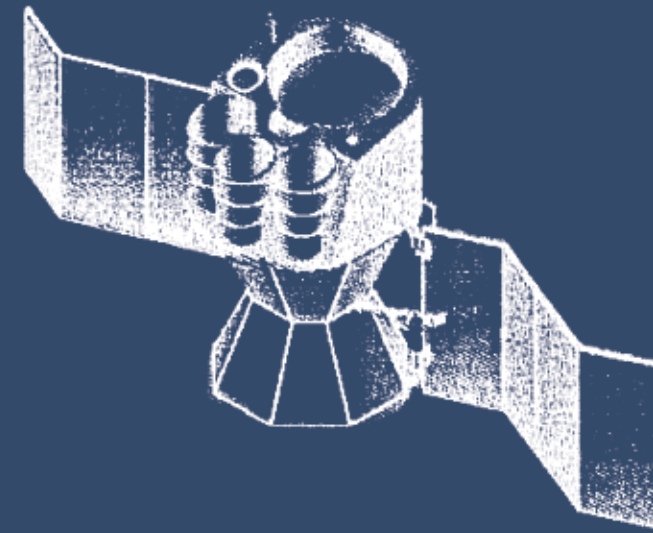
כיצד נולדים כוכבים

מצד אחד, ידוע שדחיסת גז גורמת להתחממותו. מצד אחר, ידוע שחומר שמתחמם שואף להתפשט. אם אכן אלה היו פני הדברים, לעולם לא היו נוצרים ביקום כוכבים. אלא שכידוע, היקום מכיל מיליארדי כוכבים. ואם כך, כיצד נוצרים הכוכבים?

מדעני המכון שחקרו את השאלה הזאת הגיעו למסקנה, שבענני הגז ההופכים לכוכבים פועלת מעין מערכת קירור אשר מקררת את החומר הנדחס ומאפשרת לו להמשיך ולהידחס, עד לשלב שבו אנרגיית הכבידה של החומר המתכווץ יכולה להתגבר על הלחץ הנגדי (הנובע מהתחממות החומר).

התפיסה הרווחת בעניין זה אומרת, שחלק ממערכת הקירור של הכוכבים הנוצרים והולכים מבוססת על תהליך שמוקלולות מים ממלאות בו תפקיד חשוב. אבל האם זה באמת מה שקורה במציאות? האם אכן נוצרים מים בתהליך היווצרותם של כוכבים?

מדעני המכון תיכננו וביצעו ניסוי המדמה את התנאים הפיסיקליים והכימיים השוררים בעננים הבין-כוכביים. בניסוי הראו החוקרים שאכן, מים נוצרים בעננים הבין-כוכביים בתגובה שמתחוללת בין אלקטרון בודד לבין הדרוניום. תצפיות ותחשיבים נוספים הראו, שהמים הם באמת אחד הגורמים שמאפשרים לענני הגז המתכווצים לשחרר קרינת חום אל התווך הבין-כוכבי, בתהליך הפיכתם לכוכבים.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

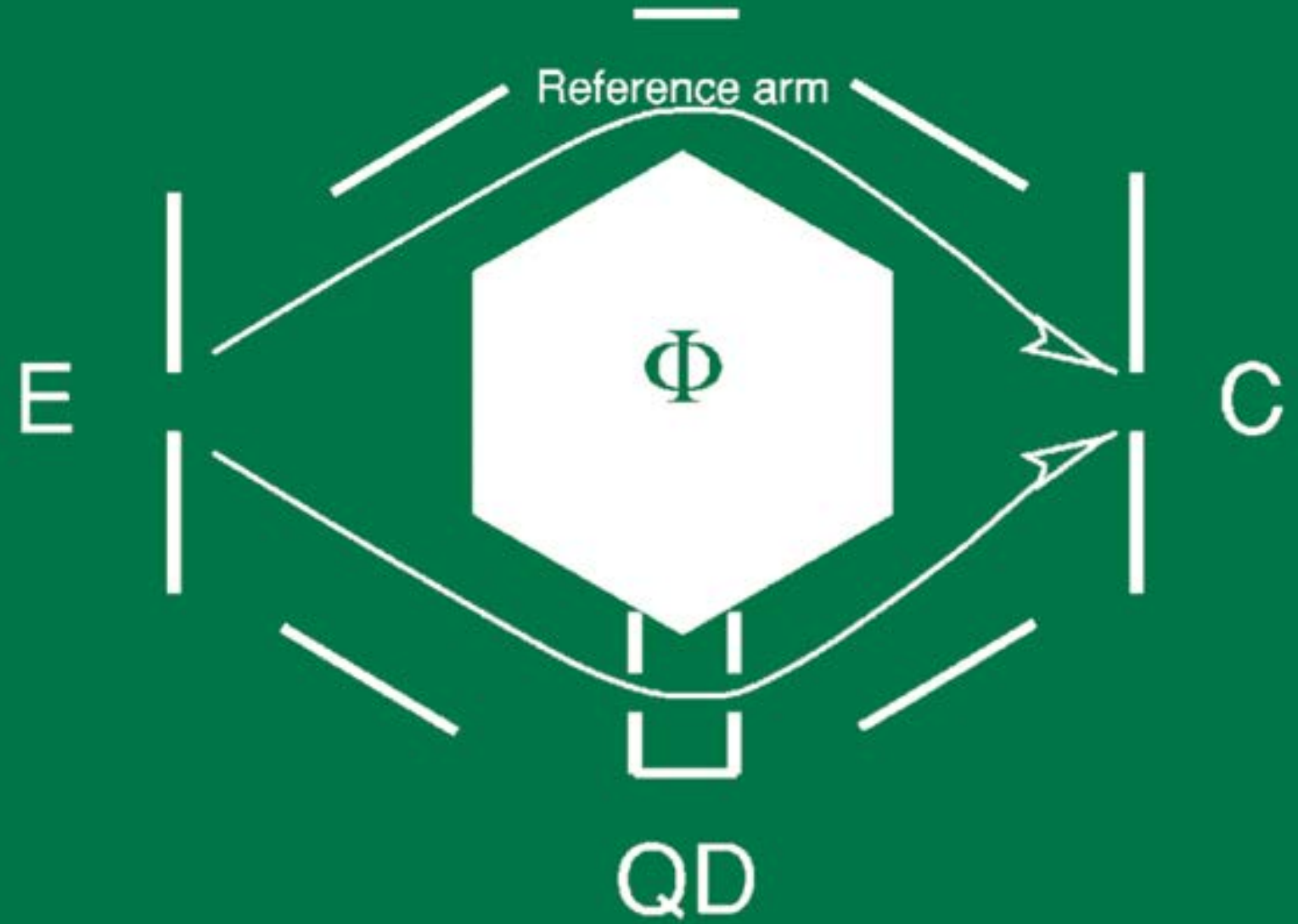
1997

התאבכות מחזורית

מדענים במכון ויצמן למדע ביצעו ניסוי פיסיקלי שבמסגרתו נבחנו לראשונה, בעת ובעונה אחת, האופי הגלי והאופי החומרי של אותו חלקיק עצמו. תורת הקוונטים קובעת, שחלקיקים תת-אטומיים עשויים להופיע בשני מופעים, הן כחלקיקי חומר והן כגלים. כדי להוכיח את הקביעה הזאת, אפשר להניח מחסום פיסי על דרכם של חלקיקים נעים. במצב כזה, אם החלקיקים הם אכן "גרגרי חומר", הם ייתקלו במחסום וייעצרו (או ייהדפו לאחור). לעומת זאת, אם החלקיקים מתנהגים כגלים, הם יכולים לעקוף את המחסום (בתופעה הקרויה "עקיפה"), ולהתאבך.

המדענים תכננו ובנו מערכת ניסוי לבחינת יכולת העקיפה (התאבכות) של אלקטרון אחד ויחיד. הם הניחו מחסום על אחד מהמסלולים האפשריים של גלי האלקטרון העוקפים. למעשה, מעין "קופסה קוונטית", שאפשר לומר שכדי לעבור דרכה נאלץ האלקטרון (או אותו חלק ממנו שנתקל במחסום) לחשוף את אופיו החלקיקי. אבל באותה עת יכול החלק האחר של גל-האלקטרון, שבחר במסלול עקיפה אחר, להמשיך ולהתנהג כגל לכל דבר. כך, למעשה, התקיימו - ונמדדו - במערכת הניסוי הזאת, בעת ובעונה אחת, גם המופע החומרי וגם המופע הגלי של אותו אלקטרון עצמו.

בסיומם של מסלולי העקיפה חוזרים גלי-האלקטרון ונפגשים, תוך שהם מתאבכים אלה לעומת אלה. המדענים גילו, שההתאבכות מתחוללת במחזוריות קבועה, כאשר המעבר בין המחזוריים הוא חד מאוד. מדעני המכון הציעו הסבר לתופעת המעבר החד בין מחזורי ההתאבכות, ובהמשך פיתחו מודל פיסיקלי תיאורטי שגם בו נוצרת מחזוריות כזאת. האם המודל הזה אכן מתאר את התהליכים שנצפו בניסוי? מדוע בכלל מתחוללת המחזוריות הזאת בטבע? - שאלות אלה נחקרות בימים אלה.



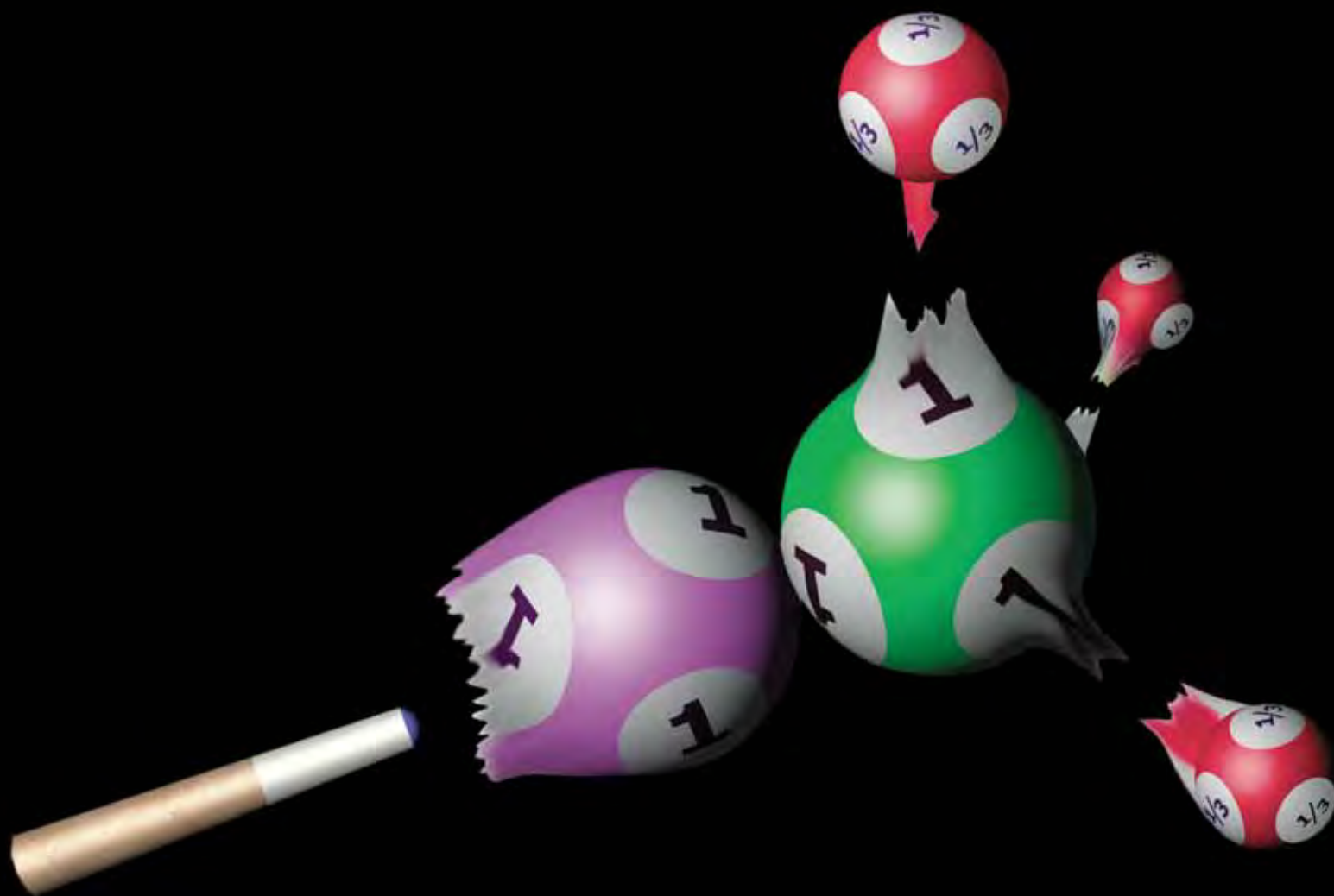
100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

1997

פתאום נשבר העיקרון

מדעני המכון צפו לראשונה ב"חלקיקים מדומים" שמטענם החשמלי שווה לשליש ממתען האלקטרון. עד אותו שלב היה מקובל לחשוב שמטענו החשמלי של האלקטרון, אשר נמדד לראשונה בראשית המאה ה-20, הוא יחידת המתען הבסיסית, הקטנה ביותר, של מטען חשמלי. אבל בשנת 1982 הוצעה תיאוריה שנועדה להסביר תופעות אלקטרוניות מסוימות, וממנה עלתה הנחה כי בתנאים מסוימים נוצרים בזרם החשמלי מעין מבנים של אלקטרונים המתפקדים כ"חלקיקים מדומים", שכל אחד מהם נושא מטען חשמלי הקטן ממתענו ה"בסיסי" של אלקטרון בודד (שליש ממתען האלקטרון, חמישית ממנו, שביעית ממנו, ואף חלקים קטנים יותר - בהתאם לתנאים).

תהוהה הראשונה לנכונות התיאוריה הזאת נמצאה כאשר מדעני מכון ויצמן הצליחו למדוד מטען חשמלי השווה לשליש ממתענו של אלקטרון בודד. אולם, תכונותיהם של "החלקיקים המדומים" נותרו בגדר תעלומה, ומדעני המכון המשיכו להתחקות אחריהן, והצליחו להבהיר את הדרך שבה חלקיקים מדומים - במופעם הגלי - חוצים מחסומים המונחים על דרכם.



1998

דבר והיפוכו

לחלקיקים היסודיים הידועים לנו יש "אחים תאומים", בעלי אותה המאסה בדיוק אך מטענם הפוך. אלה הם ה"אנטי-חלקיקים". כך למשל, לפרוטון, בעל המטען החשמלי החיובי, יש אח תאום - האנטי-פרוטון - בעל אותה המאסה אך בעל מטען חשמלי שלילי. בדומה לכך, לאנטי-אלקטרון מטען חשמלי הפוך לזה של האלקטרון, אך מאסותיהם שוות. המדענים יודעים לייצר אנטי-חלקיקים ואף עושים בהם שימוש בניסויים ואפילו ברפואה; אך ככל הידוע לנו, כל מבני החומר ביקום, מן הגלקסיות ועד התא החי, עשויים חלקיקי חומר (פרוטונים, נייטרונים, אלקטרונים), ולא מ"אנטי-חומר" (אנטי-פרוטונים, אנטי-נייטרונים, אנטי-אלקטרונים).

העובדה שכוחות הטבע פועלים בעוצמה שונה על חומר ואנטי-חומר, כפי שהוכח ניסיונית ב-1964, מאפשרת להבין מדוע נעלם האנטי-חומר מן היקום. אבל המודל הסטנדרטי, התיאוריה המקובלת באשר למבנה החומר ביקום, מנבא שביחד עם היעלמות האנטי-חומר, היה צריך להיעלם גם רוב החומר, ולהשאיר אחריו כמות חומר שמספיקה בקושי לגלקסיה אחת. מדענים במקומות שונים בעולם ביצעו ניסויים במטרה לגלות כוח בלתי-ידוע עד כה, אשר מבחין באופן מובהק בין חלקיקים לאנטי-חלקיקים. גילוי של כוח כזה היה יכול להסביר מדוע נשאר חומר רב כל כך ביקום.

מדעני המכון הציעו מדידות אפשריות בניסויים אלה, ודרכים חדשות לנתח אותן, כך שאפשר יהיה להבחין בכוח חדש כזה או להגביל את עוצמתו. ניתוח של תוצאות הניסויים בשיטה זו הוביל למסקנה, שכל המדידות מתאימות לניבויים של המודל הסטנדרטי, ושתרומתו של כוח חדש לתהליכים הנמדדים, אם היא קיימת, קטנה מאוד.

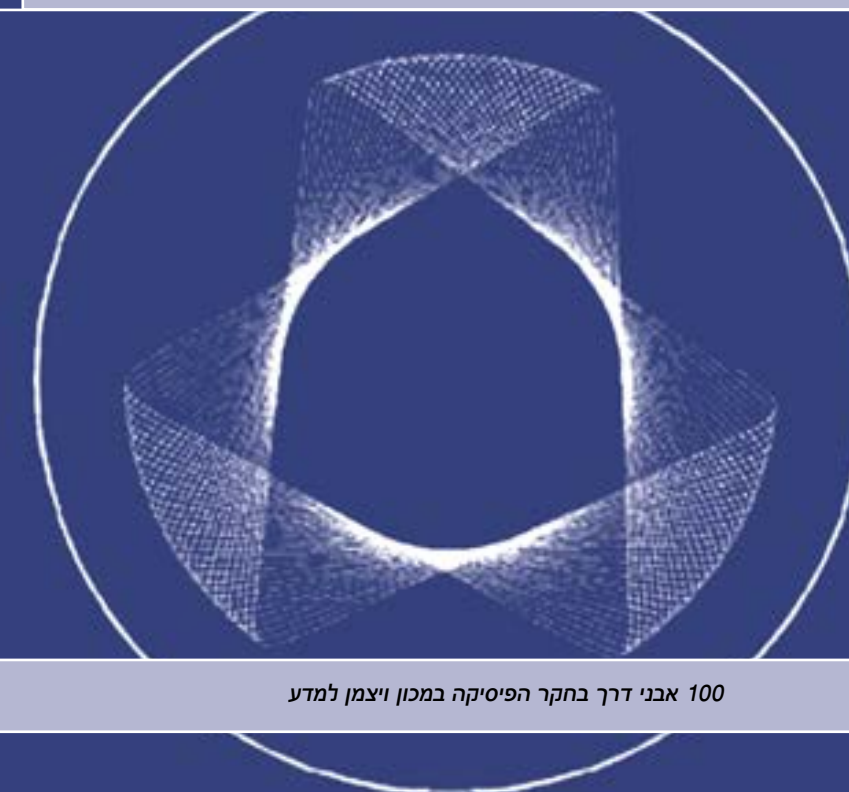
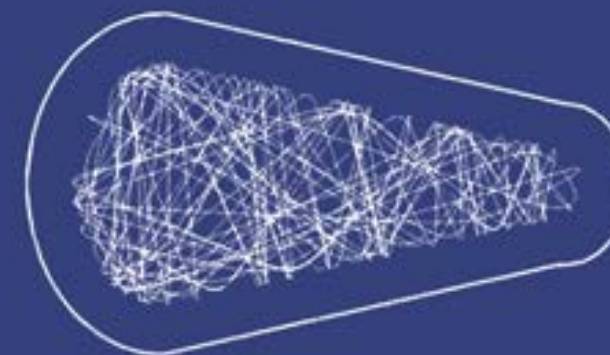


1998

מלכודת החושך הגדולה

אטומי גז טסים ללא הרף במהירות עצומה. רק בטמפרטורה מזערית של כמיליונית המעלה מעל האפס המוחלט "נרגעים" מעט האטומים, ומשייטים בקצב שמאפשר למדענים לבחון את תכונותיהם. כדי לקרר ולהאט את אטומי הגז משתמשים מדעני המכון בלייזרים ש"מפגיזים" קבוצת אטומים מכל כיווני המרחב, ו"לוכדים" אותם כמעט ללא ניע. כך הצליחו מדעני המכון לקרר אטומים לטמפרטורה של כמה מיליארדיות המעלה מעל לאפס המוחלט.

מדעני המכון הדגימו לראשונה "מלכודת חושך", שבה האטומים הקרים נהדפים על-ידי האור ונלכדים באיזור החושך של המלכודת. כך אפשר לאחסן את האטומים המקוררים ללא הפרעה ולחקור אותם בדיוק מרבי. בתחום המחקר השימושי עשויים אטומים קרים לשמש, למשל, לבניית שעונים אטומיים מדויקים מאוד. בתחום המחקר הבסיסי הם עשויים לשמש לבחינת חוקי טבע כגון סימטריות ושברתן, למדידת קבועים אטומיים שונים, וכן לאישור או להפרכה של הרחבות שונות לתורת הקוונטים.



100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע

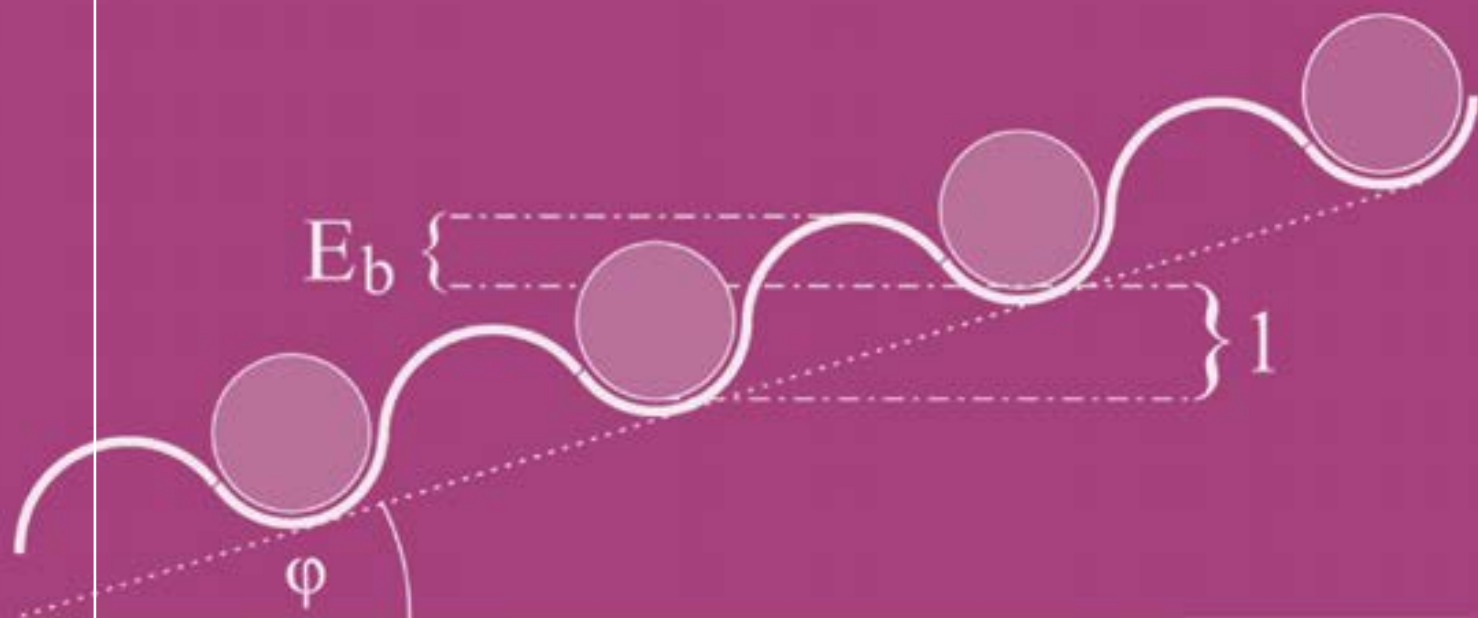
1998

שיווי משקל ועומסי תנועה

מדעני המכון פיתחו מודלים המסבירים את השוני בין מעברי מופע אשר מתחוללים במערכות הנתונות בשיווי משקל (שאינן משתנות בזמן), לבין מעברי מופע שמתחוללים במערכות שאינן מצויות בשיווי משקל (המתפתחות ומשתנות עם הזמן). למשל, מערכות שזורם ועובר בהן נוזל, או זרם חשמלי, או חום (לרבות צמחים, בעלי-חיים ובני-אדם), הן מערכות נטולות שיווי משקל; וכך גם עיר מתפתחת, תזרים המסחר בבורסה בניירות ערך, תנועת כלי הרכב ברשת כבישים ועוד.

מודלים אלה משמשים לתיאור תנועת כלי רכב ברשתות כבישים, דבר שמאפשר, בין היתר, להבין את התנאים העלולים לגרום להיווצרות עומסי תנועה "טבעיים" (כלומר, לא כאלה שמתחוללים כתוצאה מתאונת דרכים, עקב עבודות בכביש או בשל מחסום משטרת).

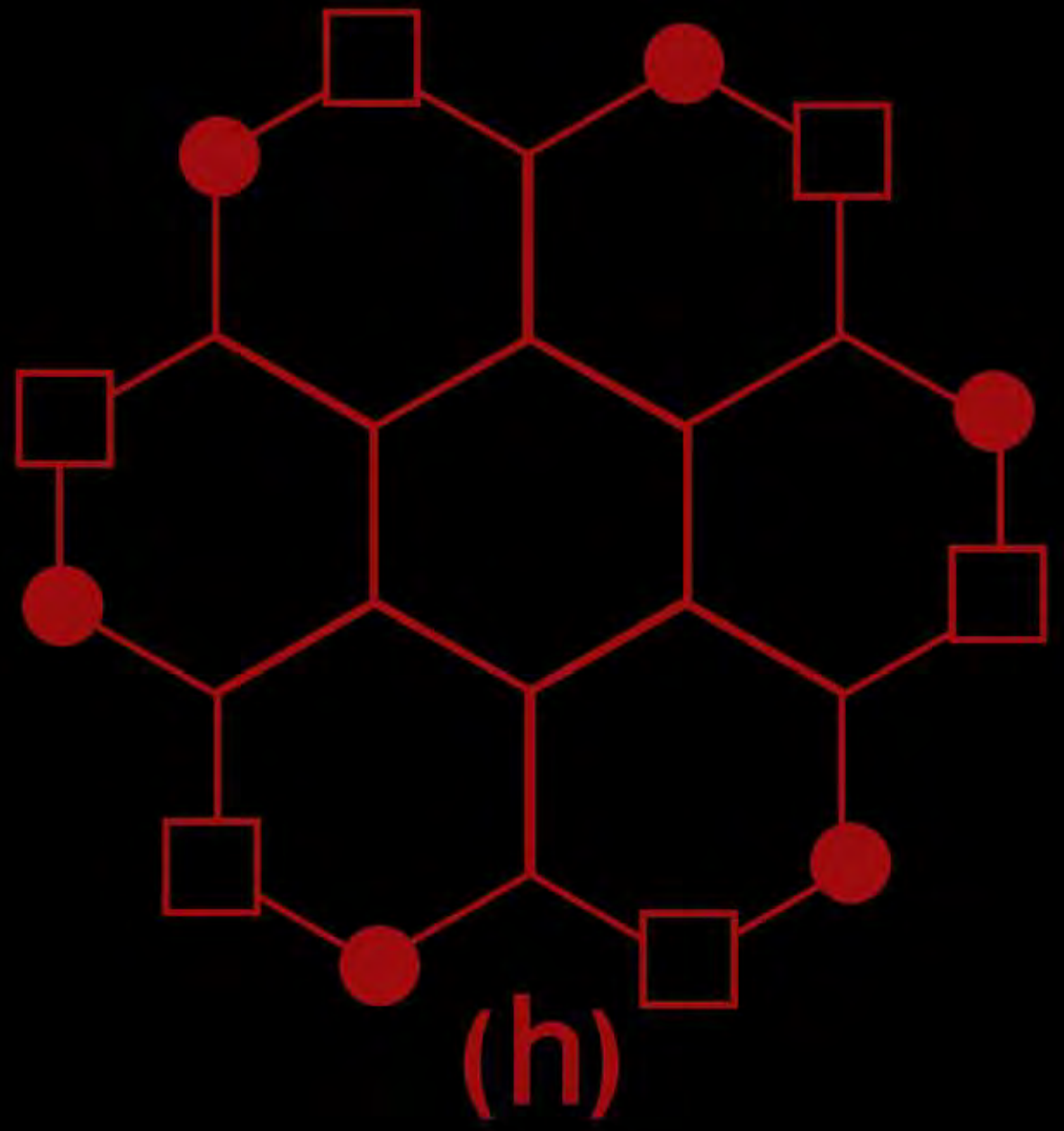
מדעני המכון תרמו גם לפיתוח שיטות חישוב המבוססות על מכניקה סטטיסטית בכיווני פעולה אחרים, כגון תהליכי למידה ברשתות עצבים ועוד. עבודות אלה עשויות לתרום ליישומים בתחומים רבים ושונים.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



קבוצה של מדענים במכון התמקדה בחקר מעברי מופע המתחוללים בשכבות חומר דו-ממדיות (למשל, בשכבה חד-אטומית של חומר מסוים). מתברר, שגם מעברי המופע המתחוללים בשכבות חומר דו-ממדיות מתאפיינים בגורמים קבועים, השונים מהגורמים הקבועים המאפיינים את מעברי המופע שמתחוללים בגושי חומר תלת-ממדיים. מדעני המכון תרמו תרומה משמעותית להבנת הקשר שבין מעברי מופע לבין תכונות הממדיות (מספר הממדים שבהם מתחולל מעבר המופע).



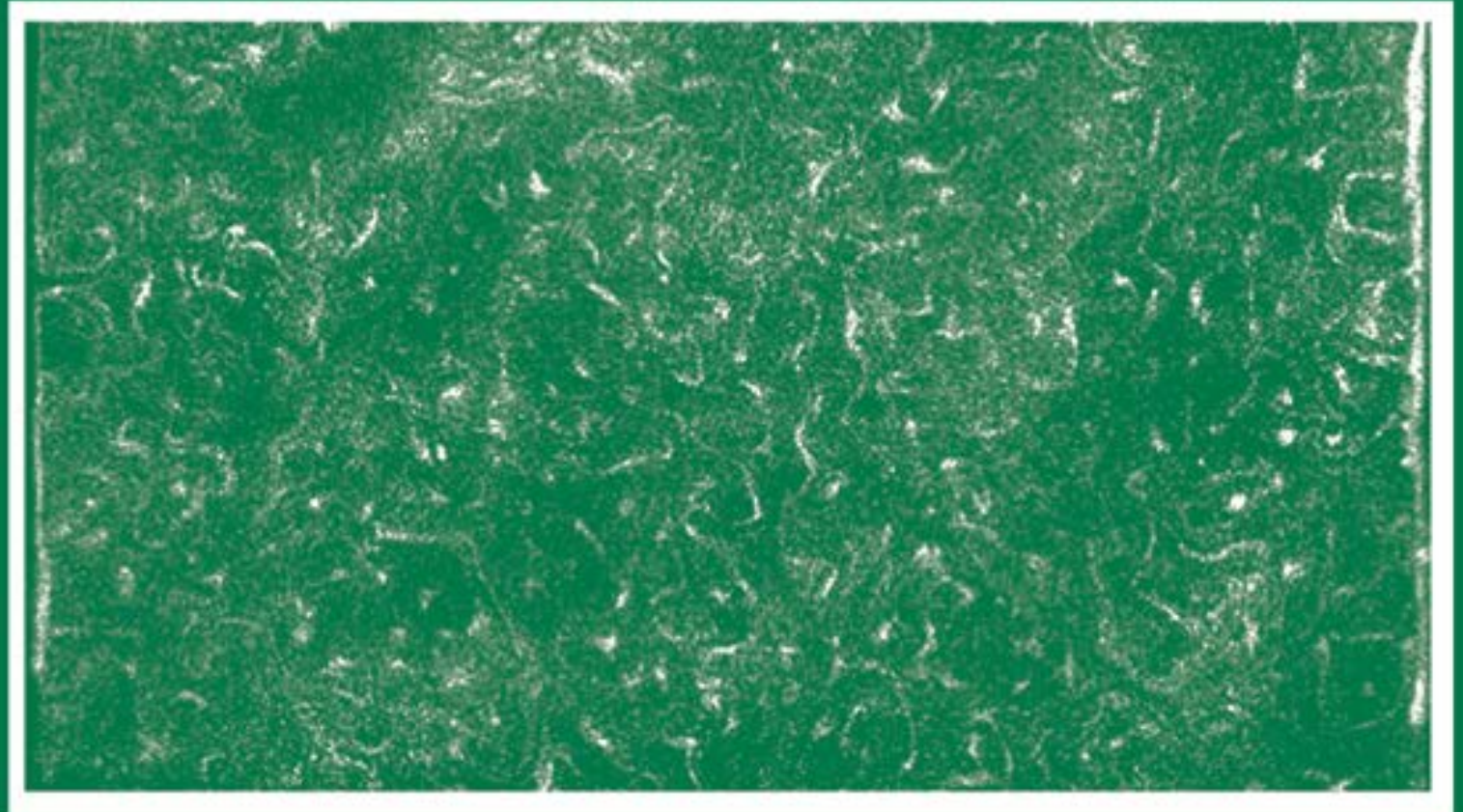
70

1999

מערבולת דוממדיית

מדען מהמכון פיתח מודל מתמטי של התנהגות מערבולות במערכות סערה דו-ממדיות, בנוזל או בגז. המודל הדו-ממדי מתאים לתיאור מערכות גדולות שעומקן זניח ביחס לשטחן (נולק, מבחינה מעשית, הן נחשבות שטוחות). כך, למשל, המודל יכול לנבא את התנהגותם של ענני אבק דקים יחסית המשתרעים על פני אלפי קילומטרים, כדוגמת העננים הנוצרים בהתפרצויות רבות-עוצמה של הרי געש.

בעבר פותחו השערות שונות ביחס לחוקים השולטים בתגובות הגומלין המתחוללות בתוך מערבולות, אבל המחקר של מדעני המכון מספק את התיאור המתמטי הראשון של חוקים אלה. במחקר המשך פיתחו המדענים מודל שמאפשר לחזות את התפרצותם של סילונים כאוטיים מתוך עננים וולקניים. סילונים כאלה עלולים להוביל זיהומים לאזורים מרוחקים מאוד ממקום ההתפרצות הגעשית.



100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע

1999

בודקים את הגבול

מדעני המכון, בשיתוף עם עמית מארצות הברית, הראו כי הקרינה הקוסמית מציבה גבול עליון לזרם של חלקיקי ניטרינו באנרגיה גבוהה, אשר נוצרים, כפי הנראה, על-ידי עצמים מחוץ לגלקסיה. הגבול העליון הזה מרמז כי מאסת הגלאים הנדרשת לצורך זיהוי חלקיקי ניטרינו אשר מגיעים מחוץ לגלקסיה עולה על ג'יגה-טון. גלאים ענקיים כאלה, שמטרתם לזהות עצמים חוץ-גלקטיים המהווים מקור לחלקיקי ניטרינו, נבנים בקוטב הדרומי ובים התיכון.

