

על עבודתו המדעית של פרופ' עמוס דה-שליט

פרופ' יגאל תלמי, הפקולטה לפיסיקה, מכון ויצמן למדע

העשרה



עמוס דה שליט היה איש ברוך כישרונות, מדען מבריק, מרצה מעולה ובעל כושר בלתי רגיל של מנהיגות מדעית. בזכות תכונות אלה נקרא עמוס עוד בגיל צעיר לתפקידים חשובים. תחילה נקרא להקים במכון ויצמן מחלקה לפיסיקה גרעינית ולעמוד בראשה. לאחר מכן התמנה למנהל המדעי של המכון וגם למנהלו הכללי. בתקופה זו הוא מילא תפקידים ציבוריים חשובים הן במערכת החינוך והן במערכת הביטחון. פעילותו האחרונה הייתה הקמה והפעלה של המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

פעילותו הציבורית של עמוס פגעה קשות במחקרו בפיסיקה. עם זאת הספיק עמוס לפני מותו בגיל 43, להשיג הישגים חשובים בפיסיקה של גרעיני האטומים. הוא רכש מעמד נכבד בקהילת הפיסיקאים הבין-לאומית והוזמן תכופות להרצות בכנסים בין לאומיים. עמוס סיים את לימודיו באוניברסיטה העברית בירושלים בשנת 1950 לאחר שירות של שנתיים בצה"ל במלחמת העצמאות. באותה תקופה נשלחו כמה מבוגרי האוניברסיטה להשתלמות בפיסיקה מודרנית כדי להקים פעילות בתחום זה בארץ. הייתה זו יוזמה משותפת של אותם פיסיקאים ושל כמה מדענים בכירים. ממשלת ישראל שהייתה עסוקה בטיפול בבעיות קשות ביותר, ידעה להעריך את חשיבות המחקר המדעי והסכימה לשאת בהוצאות.

במסגרת זו הגיע עמוס למכון הטכני הפדרלי בציריך בשווייצריה. למרות התעניינותו בפיסיקה עיונית שבה הצטיין עוד בירושלים, הוא בחר להשתלם בפיסיקה גרעינית ניסויית. בחירה זו נעשתה כדי להכניס לארץ פעילות בתחום זה. אחרי שנתיים של עבודה מוצלחת ביותר הוא קיבל תואר דוקטור וחזר ארצה. בארצות הברית הייתה הפיסיקה מפותחת הרבה יותר מאשר באירופה. הוא יצא לשם ועבד באוניברסיטת פרינסטון בתחום הניסוי ואז עבר למכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס שבבוסטון. שם חזר עמוס לאהבתו הישנה - הפיסיקה העיונית וניגש לטפל בהתלהבות בבעיות הפיסיקה של מבנה גרעין האטום. בשנת 1954 חזר עמוס ארצה ובחודש מאי הוקמה רשמית המחלקה לפיסיקה גרעינית במכון ויצמן.

כדי לתאה, ולו גם בקיצור, כמה מעבודותיו של עמוס, צריך לתאר את מצב הפיסיקה הגרעינית לפני 50-60 שנה.

כידוע לרוב תלמידי התיכון, גרעין האטום מורכב מפרוטונים וניטרונים. עובדה זו היא רק נקודת התחלה למחקר הגרעין. בין הפרוטונים והניטרונים פועלים כוחות חזקים, חזקים יותר מכוחות הדחייה החשמליים הפועלים בין הפרוטונים הטעונים חיובית. רוב הגרעינים המצויים בטבע הם יציבים ודרושה אנרגיה עצומה כדי לפרק אותם. בניצול האנרגיה הגרעינית בכורים או בפצצות משתחרר רק חלק מאנרגיה זו. בהשפעת כוחות גרעין אלה נעים הפרוטונים והניטרונים בתוך הגרעין בתנועה מסובכת ביותר. יש קושי עצום בחישוב תנועה זו משני טעמים. ראשית, ידוע הרבה על כוחות הגרעין מניסויים שונים. פותחו נוסחות המתארות בדיוק רב את התוצאות של ניסויים אלה, אך לא ברור אם ניתן להשתמש בהן בחישוב התנועה המסובכת בגרעין. מצב זה נכון במידה רבה גם היום ולפני 60 שנה היה עוד יותר גרוע. שנית, גם עם ידיעה מדויקת ואמינה של כוחות הגרעין, חישוב אנליטי של תנועתם של עשרות או מאות חלקיקים הוא משימה בלתי

בהרבה מקרים הושגה התקדמות בפיסיקה על ידי שימוש בשיטות קירוב (לפי פרופסור סולי כהן ז"ל, הפיסיקה מבוססת על "ניח ונזיח"...). אחת הדרכים המקובלות, במיוחד בבעיות רב-גופיות, היא שימוש במודלים. המודל הוא מערכת פיסיקלית פשוטה יותר שנבחרת בתקווה שהיא כוללת את היסודות העיקריים של הבעיה המקורית. הצלחתו של מודל נמדדת על פי הדיוק שמשיגים על ידי שימוש בו בחישוב נתונים שהושגו בניסויים ועל ידי האפשרות לנבא בהצלחה תוצאות של ניסויים חדשים. המודל המקובל בפיסיקה של מבנה הגרעין הוא מודל הקליפות. במודל זה מניחים שהפרוטונים והניטרונים בגרעין נעים במסילות מסוימות מסביב למרכז הגרעין בדומה לאלקטרונים באטום הנעים מסביב לגרעין. שמו של המודל נבחר על שם קליפות האלקטרונים באטומים.

מודל הקליפות הוצע עוד בשנות השלושים של המאה הקודמת, זמן קצר לאחר גילוי הניטרון ולאחר שהושגה ההבנה שלפיה הניטרון והפרוטון הם אבני הבניין של הגרעין. המודל נתן הסבר ישיר לקיומם של "מספרי הקסם" - מספרי הפרוטונים או הניטרונים בגרעינים יציבים במיוחד. בגרעינים כאלו, "גרעיני קסם", מספרי הפרוטונים והניטרונים הם

$$N, Z = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$$

דוגמאות לכך הן הגרעינים של ${}^4_2\text{He}$; ${}^{16}_8\text{O}$; ${}^{40}_{20}\text{Ca}$; ${}^{208}_{82}\text{Pb}$; ${}^{132}_{50}\text{Sn}$

עיקרון האיסור של פאולי, התקף לחלקיקים כמו פרוטונים, ניטרונים ואלקטרונים, קובע שבכל מצב קוונטי יכול להימצא רק חלקיק אחד. לפי עיקרון זה יכולים להימצא במסילה מסוימת (או בקבוצת מסילות - קליפה) רק מספר מסוים של חלקיקים. כאשר קליפה אלקטרונית באטום מתמלאת באלקטרונים, מתקבל אטום של גז אציל היציב במיוחד. גם גרעינים שבהם קליפות הפרוטונים והניטרונים מלאות, צריכים להיות יציבים במיוחד. בכל קליפה נמצאות בדרך כלל כמה מסילות בעלות אנרגיות קרובות. סדר המסילות נקבע על ידי שדה הכוח המרכזי. מודל זה, מודל הקליפות עבור הגרעין, נתקל בתחילה בהתנגדות קשה של פיסיקאים וביניהם מגדולי הדור. לעומת האטום שבו קיים גרעין כבד ולו שדה חשמלי חזק, בגרעין עצמו לא קיים שדה כוח מרכזי מעין זה. כדי שמודל הקליפות יתאים לגרעין, שדה הכוח המרכזי צריך להיות איזה שהוא ממוצע של הכוחות בין מרכיביו - הפרוטונים והניטרונים. אך היה ידוע שכוחות אלה חזקים מאוד ובעלי טווח קצר. קשה להבין איך כתוצאה של כוחות כאלה נעים הפרוטונים והניטרונים במסילות מסודרות שאינן נהרסות על ידי הכוחות ההדדיים! קושי נוסף של המודל בצורתו המקורית, היה סדר המסילות שהיה צריך להניח כדי לקבל את מספרי הקסם שנמצאו בניסויים. היה צורך להניח סדר שלא היה לו בסיס מתקבל על הדעת. רוב הפיסיקאים זנחו את הגרסה הראשונה של מודל הקליפות ועסקו בתיאור סטטיסטי של הגרעין שבו ניתן היה לקבל תוצאות טובות לתהליכים מסוימים.

במשך השנים נעשו ניסויים רבים, ובשנת 1948 פרסמה מריה מאייר מארה"ב מאמר ובו סקרה את החומר הניסויי על מספרי הקסם. הרבה עובדות התגלו, והמאמר הביא עדות משכנעת על קיומם של מספרי קסם בגרעינים. מודל סטטיסטי אינו יכול להסביר את ההבדל הגדול בין תכונות גרעין שבו 80 פרוטונים, לתכונות גרעין שבו יש 82 פרוטונים (82 הוא מספר קסם). בתוך מספר חודשים הופיעו כמה מאמרים שבהם ניסו המחברים להסיק את סדר הקליפות בגרעין ממספרי הקסם שנתגלו בניסוי. רק במאמר של מריה מאייר ובמאמר של ינסן ועוד שני עמיתים מגרמניה הופיע הסבר חדש ומשכנע של סדר הקליפות בגרעין (מאייר וינסן קיבלו על כך פרס נובל בפיסיקה בשנת 1963).

ההבדל המשמעותי בין סדר הקליפות שהוצע על ידי מאייר והגרמנים ובין הסדר שהוצע על ידי האחרים, היה באפיון מסילות הפרוטונים והניטרונים בגרעין. במודל האטום מסילות האלקטרונים נקבעות בעיקר על ידי התנע הזוויתי של

1 תארו לעצמכם שבין כוכבי הלכת היה פועל כוח משיכה חזק מאוד לטווח קצר. ההשפעה של כוכב לכת אחד על תנועתו של כוכב לכת סמוך הייתה מסיטה אותו באופן משמעותי ממשילתו כפי שהיא נקבעת על-ידי הכוח שמפעילה עליו השמש.

האלקטרונים בתנועתם סביב הגרעין: $l = 1, 2, 3, \dots$ כאשר h הוא הקבוע של פלאנק. הערכים האפשריים של l הם $l = 0, 1, 2, \dots$. האלקטרון הוא מגנט זעיר שתכונותיו נקבעות על ידי גודל הנקרא ספין המייצג תנע זוויתי עצמי של האלקטרון. כלומר, האלקטרון הוא מגנט הנע בשדה החשמלי של גרעין האטום ומושפע על ידו. בנוסף לכך, האלקטרון בתנועתו סביב הגרעין יוצר שדה מגנטי, וקיימת אינטראקציה בין המומנט המגנטי של האלקטרון לבין שדה מגנטי זה המכונה "צימוד ספין-מסילה" (SPIN-ORBIT COUPLING). האינטראקציה בין הספין של האלקטרון ובין התנע הזוויתי שלו במסילתו קטנה יחסית וניתנת לטיפול כהפרעה. לעומת זאת, סדר מסילות בגרעין הנותן הסבר פשוט לעובדות שהתגלו בניסויים, מעיד על מצב שונה לגמרי. גם הפרוטונים והנייטרונים מאופיינים על ידי ספין משלהם, $S = 1/2$ (כל הגדלים של התנע הזוויתי נמדדים ביחידות של \hbar), אולם האינטראקציה ספין-מסילה של הפרוטונים והנייטרונים איננה אלקטרומגנטית והיא חזקה הרבה יותר. לכן האינטראקציה ספין-מסילה של הפרוטונים והנייטרונים מכתובה סדר קליפות שונה מזה של האלקטרונים. כל מסילה המאופיינת על ידי ערך l מסוים מתפרקת בגלל אינטראקציה זו לשתי מסילות. באחת מהן יש לפרוטונים, או לנייטרונים, תנע זוויתי כולל (סכום של התנע הזוויתי העצמי - הספין, והתנע הזוויתי המסילתי) שערכו הוא $\hbar_j = (l+1/2)$, ובשנייה תנע זוויתי כולל שערכו הוא: $\hbar_j = (l-1/2)$. למסילה שבה j גדול יותר, יש אנרגיה נמוכה יותר.

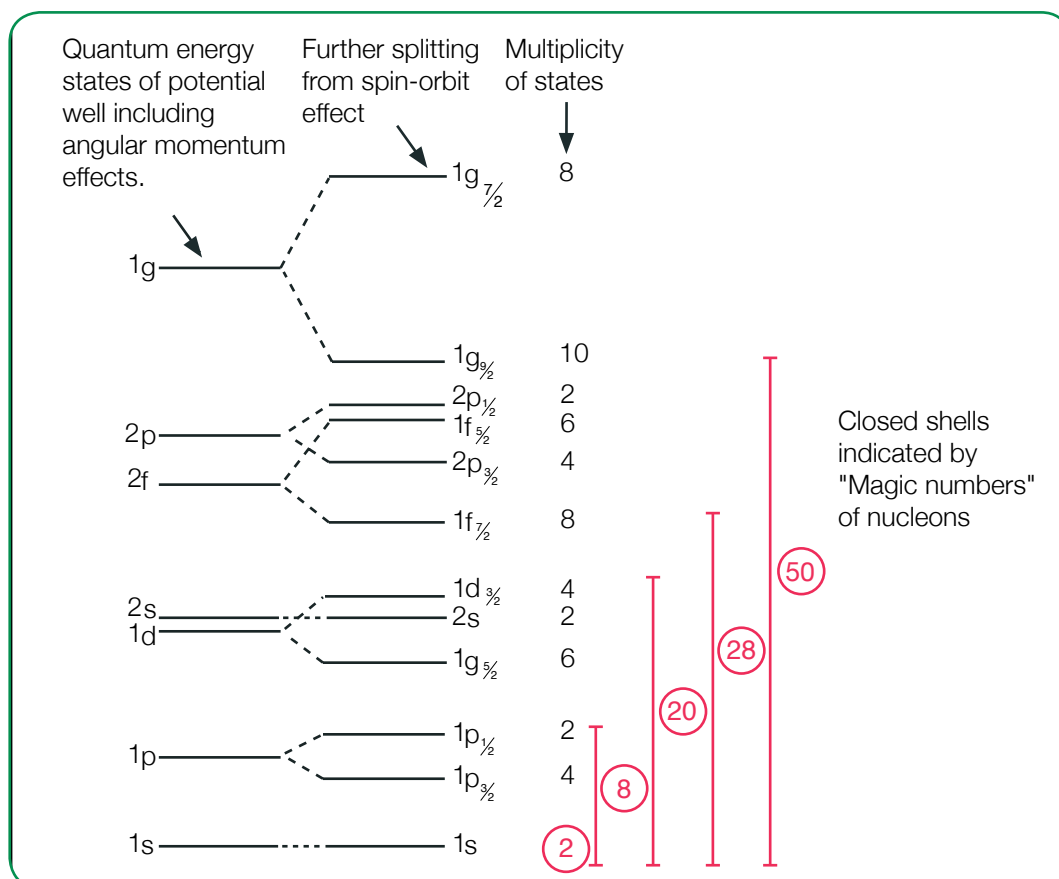
לפי מודל הקליפות, במצב היסוד של גרעין, הפרוטונים והנייטרונים נמצאים בקליפות הנמוכות ביותר. גרעין הנמצא במצב יסוד מיוחד, שבו הן הפרוטונים והן הנייטרונים מאכלסים את כל המצבים של המסילות השונות בתוך הקליפות הנמוכות ביותר, הוא "גרעין קסם", ויש לו יציבות יתרה. כאשר יש רק קליפות מלאות, יש רק מצב קוונטי אחד, ולו תנע זוויתי כולל $J=0$. כדי להעלות גרעין זה ממצב היסוד למצב מעורר, צריך להעלות פרוטון או נייטרון לקליפה גבוהה יותר. לזה דרושה אנרגיה גבוהה יותר מזו שנדרשת כדי לעורר ממצבי היסוד שלהם גרעינים הסמוכים לו בטבלה המחזורית ושבהם הקליפות אינן מלאות. בגרעין שבו הקליפות אינן מלאות, יש מצבים קוונטיים שבהם יש הבדל בין מצבי הפרוטונים או הנייטרונים בתוך הקליפות עצמן. למצבים מעוררים אלה יש אנרגיות קרובות לאנרגיה של מצב היסוד. לכמה מצבים כאלה יש אפילו אותה אנרגיה, אם מתחשבים רק בשדה של הכוח המרכזי הממוצע. במקרים אלה, כלומר ברוב הגרעינים, סדר המסילות בשדה הכוח המרכזי אינו קובע איזה מצב יהיה מצב היסוד ומה תהיינה תכונות הגרעין במצב זה. כלומר, ייתכנו סדרים שונים הקרובים מאוד זה לזה מבחינה אנרגטית.

מריה מאייר קבעה במאמרה שני כללי צימוד (כללי אינטראקציה) לגבי התנע הזוויתי של מצבי היסוד של גרעינים. בגרעין זוגי-זוגי (מספר הפרוטונים זוגי ומספר הנייטרונים זוגי) התנע הזוויתי הכולל של מצב היסוד הוא $J=0$. כלל זה תקף לכל הגרעינים, גם לאלה שנתגלו מאז. בגרעין זוגי-אי-זוגי או אי-זוגי-זוגי יש מסילות מלאות של פרוטונים ונייטרונים, ואילו במסילה הקרובה, בעלת אנרגיה גבוהה מהן, בעלת תנע זוויתי j , יש מספר אי-זוגי n של פרוטונים או נייטרונים.

לפי הכלל השני של מאייר, למצב היסוד של גרעין כזה יש תנע זוויתי כולל של $J=j$. כאשר j הוא התנע הזוויתי הכולל (עצמי ומסילתי) של חלקיק יחיד ו- J הוא התנע הזוויתי הכולל של כלל החלקיקים. כמובן, התנע j של החלקיק היחיד צריך להיות של אחת המסילות בקליפה שטרם התמלאה, לפי הסדר של מודל הקליפות. היא גם הראתה שהמצבים המעוררים הנמוכים של גרעין כזה מתאימים למעבר של "החלקיק האי-זוגי" למסילה סמוכה באותה קליפה. כלל זה תקף לרוב הגרעינים אך כבר אז היו כמה יוצאים מן הכלל הזה ומאייר אף נתנה לאלה הסבר סביר אם כי לא כמותי.

2 היחידות של קבוע פלאנק הן $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$ שהן גם היחידות של תנע זוויתי. נהוג לסמן את יחידת התנע הזוויתי היסודית כ: $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ וערכה הנמדד הוא:

$$\hbar = 1.05457168 \cdot 10^{-34} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$$



מודל הקליפות של הגרעין

כדי לתת בסיס עיוני לכללי הצימוד שלה, ביצעה מריה מאייר כמה חישובים פשוטים. היא הבינה שגם אם הכוחות ההדדיים בגרעין יוצרים בקירוב מסוים שדה כוח מרכזי, יש לכלול בחישובי האנרגיה של מצבי הגרעין גם "כוחות שיוויים". כוחות אלה הם השאריות של הכוחות ההדדיים שאינם כלולים בשדה הכוח המרכזי. במשך השנים התפתחה הבנה טובה יותר של כוחות אלה, ונהוג לכנות אותם "כוחות אפקטיביים". כוחות אלה קובעים את סדר המצבים הקוונטיים של גרעינים שבהם הקליפות אינן מלאות. כדי לפשט את החישוב הניחה מאייר כוחות בעלי טווח קצר ביותר (פוטנציאל δ). מאז ועד היום נערכו חישובים רבים שבהם השתמשו בכוחות מגוונים כדי לשחזר תוצאות של ניסויים שנעשו ולנבא תוצאות של ניסויים עתידיים.

כאמור, יש לפרוטונים ולניטרונים מומנטים מגנטיים הקשורים לתנע הזוויתי הפנימי שלהם. מדידתם מתאפשרת כאשר הם נמצאים בשדה מגנטי (על עובדה זו מבוססת הבדיקה הרפואית MRI). כשהם בתוך גרעין הם תורמים למומנט המגנטי שלו, ותרומת הפרוטונים כוללת גם את המומנט המגנטי של תנועתם במסילה. המומנט המגנטי של מצב מסוים בגרעין נקבע על ידי פונקציית הגל של המצב. מהמומנט המגנטי שנמדד בניסוי מנסים לקבל מידע על פונקציית הגל. המומנטים המגנטיים של גרעינים שבו את התעניינותו של עמוס מראשית עבודתו. המאמר הראשון שלו בפיסיקה גרעינית עיונית היה בתחום זה, והוא חזר אליו פעמים אחדות במשך פעילותו. לעבודותיו בתחום זה הייתה השפעה רבה על הפעילות של חוקרים רבים.

לגרעינים שבהם יש מספר אי-זוגי של פרוטונים ושל ניטרונים יש מצבים מסובכים ביותר. על סמך תוצאות של ניסויים, נמצאו כללים אמפיריים למצבי היסוד של גרעינים אלה. עמוס ערך חישובים מפורטים למקרים השונים ובדק מה קורה

כאשר מניחים כוחות שונים. בחישוביו הוא בדק כוחות קצרי טווח בעלי תלות שונה בספין של הפרוטון והנייטרון. הוא הצליח להסביר את הכללים האמפיריים וגם לנסח אותם בצורה יותר מדויקת שהתאימה יותר טוב לתוצאות הניסויים. זו הייתה תרומה חשובה למחקר הגרעינים האי-זוגיים-אי-זוגיים.

כאשר מחשבים אנרגיות ופונקציות גל במודל הקליפות, אי אפשר להשתמש בכוחות ההדדיים שנמדדו בניסוי פיזור של פרוטונים על פרוטונים ודייטרונים.

אלה כוחות חזקים וקצרי טווח ואינם מאפשרים תנועה מסודרת במסילות של פרוטונים ונייטרונים. יש להשתמש בכוחות אפקטיביים שאינם הורסים את התנועה במסילות. במקביל, התברר בניסויים שכדי לחשב במודל הקליפות את קצב פליטת קרינת ה- γ ממצבים מעוררים של גרעינים, אין להשתמש במטען החשמלי של הפרוטון. עמוס ואחרים הראו שכדי להתאים לניסוי, יש ליחס לפרוטון "מטען חשמלי אפקטיבי" הגדול מהמטען האמיתי פי 1.5-2. יש צורך לתת גם לנייטרון הניטרלי מטען אפקטיבי. עבודות רבות נעשו על נושא זה ומאמצים רבים הושקעו כדי לחשב את המטען האפקטיבי בלי לקלקל יותר מדי את פונקציות הגל של מודל הקליפות.

מודל או מציאות?

פיסיקאים, כידוע, חושבים ומפתחים את רעיונותיהם הפיסיקליים על בסיס של מודלים. מודל הקליפות בגרעין הוא דוגמה לכך שחשיבה מסוג זה יכולה להעלות רעיונות הנראים לעתים מוזרים אך מתגלים פעמים רבות כבעלי ערך רב. האפשרות של פרוטון שנמצא בגרעין ייוחס מטען חשמלי שונה מזה שיש לפרוטון חופשי, נראית אולי מוזרה, אך מוזרה אף יותר נראית האפשרות שלנייטרון ייוחס מטען חשמלי. בבסיס הרעיון של מטען חשמלי אפקטיבי עומדת ההנחה שהנייטרונים גורמים לקיטוב של קליפת פרוטונים מלאה ובכך, באופן אפקטיבי, משנים את השפעת המטען החשמלי של הפרוטונים. ניתן לכן להתייחס להשפעת הנייטרונים כאל השפעה של מטען חשמלי. הערך המספרי המיוחס למטען החשמלי האפקטיבי הוא ערך נמדד כפי שהוא מותאם למודל הפיסיקלי. לעניין זה תרם עמוס תרומה חשובה כאשר הראה איך סטיות קטנות מפונקציות הגל של מודל הקליפות יכולות לתרום באופן קוהרנטי כדי להחיש את קצב הפליטה של קרינת גמא.

רק שלוש שנים עברו מאז הקמתה של המחלקה לפיסיקה גרעינית במכון ויצמן, וכבר זכתה להכרה בין לאומית ואושרה בקשתה לארח את הכנס הבין לאומי לפיסיקה גרעינית במכון ויצמן. הכנס התקיים בספטמבר 1957 והשתתפו בו פיסיקאים מארצות רבות וביניהם כמה נכבדים ביותר. בכנס הרצה עמוס על עבודתו זו שהתפרסמה לאחר מכן.

לפיסיקה של "היפר-גרעינים"³ היה קשר הדוק עם הפיסיקה של מבנה הגרעין ובמיוחד עם מודל הקליפות. בגרעינים אלה נמצא בנוסף לפרוטונים ולנייטרונים גם חלקיק A (למדה). לחלקיק זה יש זמן חיים ארוך יחסית של $10^{-10} \cdot 2.6$ שניות, ואפשר למצוא בניסויים שונים באיזו מסילה הוא נע בשדה הכוח המרכזי בגרעין. מכיוון שחלקיק למדה שונה משאר רכיבי הגרעין במספר תכונות, הוא איננו מוגבל בתנועתו על ידי עיקרון פאולי. עמוס התלהב מאוד מנושא זה. הוא הצליח להדביק בהתלהבותו דוקטורנט שלו, אברהם גל, והציע לו לחקור תחום זה. גל הצליח בעבודתו ונעשה אחד החוקרים המובילים בעולם בתחום ההיפר-גרעינים, תחום שהתפתח מאוד.

לעמוס דה-שליט הייתה השפעה חזקה על המחקר בפיסיקה גרעינית לא רק בישראל. בביקוריו במעבדות רבות בעולם נתן השראה לחוקרים שאתם נפגש ובעיקר לצעירים שבהם. בהרצאותיו ידע להלהיב את השומעים, גם את הלא-

3 היפר-גרעינים הם גרעינים שזמן החיים שלהם קצר, והם כוללים, בנוסף לפרוטונים ונייטרונים, גם חלקיקים נדירים הנקראים היפרונים.

פיסיקאים. הוא השקיע רבות בתלמידים ובנוער כדי לפתוח בפניהם את עולם הפיסיקה והמדע בכלל.

לעמוס היה חזון, גם בתחום הפיסיקה הגרעינית. בשנות החמישים והשישים התגלה עולם חדש של חלקיקים "אלמנטריים". היו מדידות חשובות שנעשו בתהליכים גרעיניים כמו מציאת כיוון הספין של הנייטרנו ביחס לכיוון תנועתו. עמוס חזה שתהיה התפתחות של תחום חדש - פיסיקה של חלקיקים וגרעינים. בתחום זה יחקרו תהליכים שבהם ישתתפו חלקיקים וגרעינים, ומהם יהיה ניתן לקבל מידע על מבנה הגרעין. מאידך גיסא, הגרעינים ישמשו מעין "מעבדה" לחקר החלקיקים. בנושא זה שיתף עמוס פעולה עם ויקטור וייסקופף שהיה אז מנכ"ל CERN - המרכז האירופי למחקר הגרעין בג'נבה. שניהם ארגנו כנסים בין לאומיים בתחום החדש, הראשון ב-CERN בשנת 1963 והשני במכון ויצמן ב-1967. היו אלה הכנסים הראשונים בסדרה נמשכת של כנסים בין לאומיים נכבדים שעוסקים בתחום של חלקיקים וגרעינים (PANIC - particles and nuclei international conference) תחום זה גדל והתרחב לשטחים שבשנות השישים אי אפשר היה לחלום עליהם.

רוב פעילות המחקר בפיסיקה גרעינית מתבצע בתחום זה. ניסויים רבים נעשים במאיצים ענקיים. הם כוללים התנגשויות בין אלקטרונים אנרגטיים וגרעינים באחד המאיצים והתנגשויות בין גרעינים כבדים המואצים לאנרגיות עצומות במאיץ האחר.

כנס ה-PANIC האחרון התקיים באוקטובר 2008 באילת. הוא אורגן על ידי פיסיקאים ישראלים הפעילים בתחום. השתתפו בו מאות חוקרים מהרבה ארצות. אחרי ארבעים ואחת שנים חזר הכנס לישראל. הייתה זאת סגירת מעגל והבלטת העובדה שחזונו ויוזמתו של עמוס דה שליט השיגו הישגים כבירים. חבל מאוד שהוא לא זכה להשתתף בכנס, אך רבים מאתנו ידעו להעריך את גודל פעלו.

"...בתקופת השיא המדעית של עמוס דה-שליט, שנות החמישים, היה הוא ביחד עם חברו ועמיתו יגאל תלמי, מעמודי התווך של העבודה העיונית בתחום הפיסיקה הגרעינית. בזכותם ובזכות עמיתיהם, הפכו מכון ויצמן ומדינת ישראל למרכזי מחקר מובילים בעולם."
חיים הררי, תהודה (1) 24