

פעילות מס' 2

מדידת מסת ה- Z^0 באמצעות סימולטור ה- $ATLAS$

1. מבוא

כפי שלמדתם בהכנה ל-masterclass במכון ויצמן, החלקיקים שנושאים את הכוח החלש הם "הבוזונים הווקטוריים" W^\pm ו- Z^0 . הטבלה הבאה מפרטת את תכונותיהם:

BOSONS force carriers		
Unified Electroweak spin = 1		
Name	Mass GeV/c^2	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.39	-1
W^+	80.39	+1
W bosons		
Z^0 Z boson	91.188	0

בשעה שבפעילות הקודמת ניתחנו את תהליכי ההתפרקות של חלקיקי ה- W^\pm , נעסוק בפעילות זו במדידת מסת ה- Z^0 . לשם כך ננסה לאתר בסימולטור תהליכי התפרקות מסוימים של החלקיק ונחשב בעזרת האנרגיה והתנע של תוצרי ההתפרקות את מסתו. חלקיק ה- Z^0 מתפרק לפי מספר "ערוצים":

הערות	שכיחות	ערוץ ההתפרקות
התפרקות ללפטון ולאנטי-לפטון	3.36%	$Z^0 \rightarrow e^+e^-$
	3.37%	$Z^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$
	3.37%	$Z^0 \rightarrow \tau^+\tau^-$
התפרקות לנויטרינו ולאנטי-נויטרינו (לא ניתן לראות בגלאים)	20.00%	$Z^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$
התפרקות לקווארק ולאנטי-קווארק	69.9%	$Z^0 \rightarrow q\bar{q}$

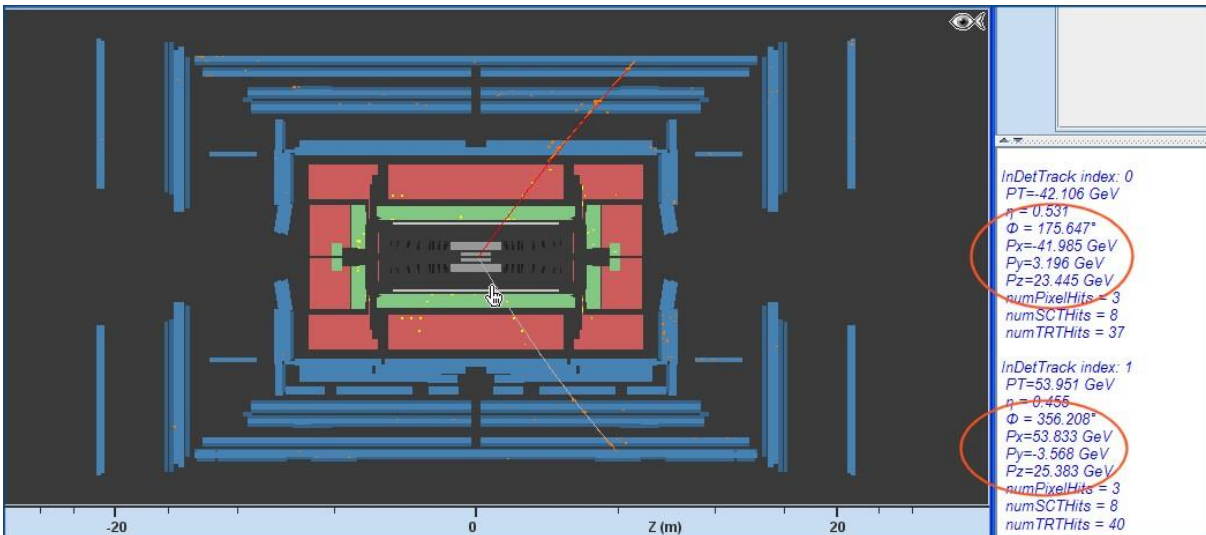
בהמשך נתעניין בעיקר בתהליך $Z^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$.

2. הכנות טכניות

- נניח שסימולטור ה-ATLAS מותקן במחשבכם בתיקיה Desktop\MINERVA-2011-01-20.
- העתיקו מה-DVD את שני הקבצים
exercises\ATLAS\downloads\A_Z.zip, B_Z.zip לתיקיה
Desktop\MINERVA-2011-01-20\run\events (אין צורך ב-unzip).
- הורידו מאתר אל"פ
(<http://62.90.118.184/Index.asp?ArticleID=3338&CategoryID=1088&Page=1>) את גיליון האקסל Z_mass_results.xls.

3. ביצוע המדידות

- טענו אל תוך הסימולטור תחילה את קובץ הנתונים A_Z.zip, שמכיל נתונים לגבי 50 מאורעות (תהליכי התנגשות) בגלאי. אחרי שתסיימו את ניתוח המאורעות האלה, טענו את הקובץ B_Z.zip והמשיכו עם 50 המאורעות שבו.
- קבעו לגבי כל אחד ממאה המאורעות, האם מדובר בהתפרקות מסוג $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ (לגבי הקריטריונים לקביעה זו, ראו סעיף 4).
- אם לא מדובר בתהליך הנ"ל, עברו למאורע הבא.
- אם זיהיתם את התהליך הנ"ל, מדדו את רכיבי התנע של כל אחד משני המיואונים:



- רשמו בגיליון האקסל Z_mass_results.xls את הרכיבי התנע (הקפידו על הסימון):

	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
			מיואן שני			מיואן ראשון					1
	מסת ה-Z	E ₂	p _z	p _y	p _x	E ₁	p _z	p _y	p _x	מאורע מס'	2
	95.394	59.624	25.383	-3.568	53.833	48.194	23.445	3.196	-41.985	126	3
		0.000				0.000				2	4
		0.000				0.000				2	5

בעמודה J מופיע מסת חלקיק ה- Z^0 ביחידות [GeV], כפי שניתן לחשב אותה בעזרת רכיבי התנע של שני המיואונים (פרטי החישוב דורשים ידע בתורת היחסות הפרטית, ולכן לא נתאר אותם כאן).

– בטור A רשמו את מספר המאורע, כפי שהוא מופיע ליד המילה "source" בחלון "Atlantis Canvas" של הסימולטור:



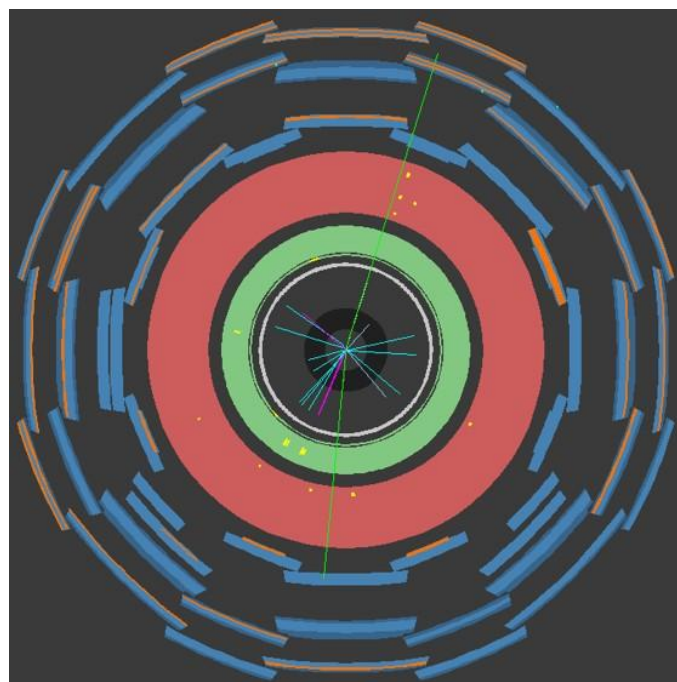
– אחרי שתסיימו את הניתוח של מאה המאורעות ותרשמו בגיליון האקסל את רכיבי התנע עבור תהליכי ההתפרקות שזיהיתם, תקבלו כתוצאה סופית את האומדן הטוב ביותר עבור מסת ה- Z^0 (ממוצע) ואת אי-הודאות (סטיית התקן) בערך זה:

מסת ה-Z		
ממוצע	95.254	[Gev]
אי-ודאות	0.199	[Gev]

(המספרים בתמונה נמצאים שם לצורך הדוגמה בלבד ואינם מצביעים על ערכים רצויים כלשהם).

4. קריטריונים לזיהוי ההתפרקות $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

- לשני המיואונים מטענים הפוכים.
- לשניהם תנע טרנסוורסאלי $25 [GeV] \leq p_T \leq 60 [GeV]$ (הגדירו cut בהתאם).
- שני המיואונים נעים בכיוונים מנוגדים בקירוב; מכיוון שלא נוצרים נויטרונים, לא חסר תנע טרנסוורסאלי משמעותי:



5. פורמט הדיווח

- הגישו את גיליון האקסל עם תוצאות המדידה שלכם.
- בחרו מבין מאה המאורעות אחד שלגביו אתם **בטוחים שהוא מתאר** את תהליך ההתפרקות $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, ומאורע אחד שלגביו אתם **בטוחים שאיננו מתאר** את התהליך הזה. לגבי כל אחד משני המאורעות ענו על השאלות הבאות: (1) מהו מספר המאורע? (2) אלו קריטריונים הפעלתם על מנת להגיע להחלטה לגבי מאורע זה? (3) האם כל הקריטריונים מתקיימים באותה המידה? אם לא, כיצד דירגתם אותם?
- בחרו מבין מאה המאורעות אחד שלגביו **אינכם בטוחים** שהוא מתאר את תהליך ההתפרקות הנ"ל, וענו על השאלות הבאות: (1) מהו מספר המאורע? (2) מהו מקור האי-וודאות שלכם לגבי מיון המאורע? אלו קריטריונים מתקיימים, אלו לא?
- האם מבין מאה המאורעות שבחנתם יש אחד, שמתאר את תהליך ההתפרקות $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$? הסבירו את בחירתכם.