

קורס הכנה מלא לבגרות בפיזיקה

פרק 41

גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות

1	הגרעין- הסבר
6	אנרגיה קשר של הגרעין ויציבות גרעינים
7	רדיואקטיביות
10	תגובהות גרעיניות

אנרגיות קשר של הגרעין ויציבות גרעינים

שאלות

- 1) חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליטיום 7.
- 2) מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליון של פחמן 12.

תשובות סופיות

$$\Delta E = 39.2 \text{ MeV} \quad (1)$$

$$E = 7.684 \quad (2)$$

רדיואקטיביות

שאלות

1) תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התרפוקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.



ב. מצא את האנרגיה הקינטית המksamלית האפשרית שתהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא $u_{228} = 228.0287411$,
ומסתו האטומית של רדיום 224 היא $u_{224} = 224.020186$.

ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני תהיה קטנה מהערך שჩישבת בסעיף ב.

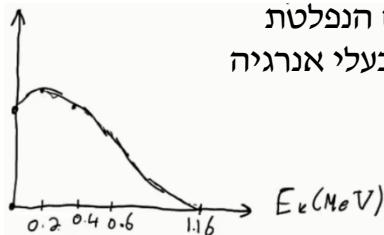
2) תרגיל 2

עורכים ניסויים עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמות (Bi_{83}^{210}).

נמצא, שחומר זה מתפרק התרפוקות בטא מינוס לחומר לא-ידוע בשם פולוניום (Po).

א. כתוב את משוואת ההתרפוקות.

ב. בניסוי המשך עם חומר זה מודדים את מהירות החלקיקים הנפלטים מהגרעין, ומשרטטים גרף של מספר החלקיקים הנפלטים בעלי אנרגיה קינטית מסוימת, כתלות באנרגיה קינטית זו.
התקבל הגרף הבא :



נתון שמסתו האטומית של ביסמות זה היא $u_{209} = 209.98412$,
ומסתו האטומית של פולוניום זה היא $u_{209} = 209.98287$.

ג. הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.

ה. הסבר מדוע שאר הנקודות בגרף לא סותרות חוק שימור זה,
ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גраф זה.

3) תרגיל 3

נתון מבחן של חומר רדיואקטיבי בעל 10^{10} גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

א. כמה גרעינים רדיואקטיביים ישארו במבחן לאחר יומיים וחצי?

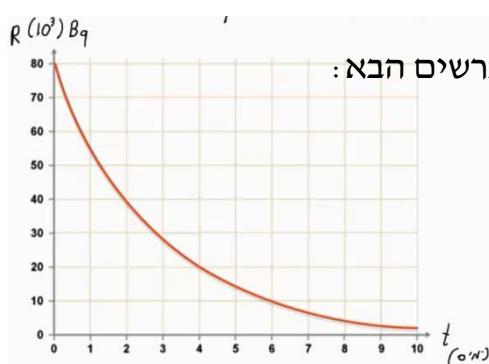
ב. כמה גרעיני בת ייוציארו לאחר 7 ימיים?

ג. כמה גרעיני אב ישארו לאחר 9 ימיים?

ד. מה תהיה הפעולות לאחר 9 ימיים?

(4) תרגיל 4

- נתון מודגם של נתרן 24_{11}^{24}Na שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום (Mg). מסת המודגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא 23.990962u . זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.
- כתוב את משוואת תהליכי התפרקות.
 - מה פעילות מודגם זה ברגע $t = 0$?
 - מה תהיה פעילותו (בקראל) לאחר 30 שעות?
 - כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?



(5) תרגיל 5 חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמו פיער בתרשימים הבא:

- מהו זמן מחצית החיים של החומר?
- מתי תהיה פעילותו 10^4 בקרל?
- מה תהיה פעילותו ברגע $t = 17 \text{ days}$?
- הוסף לתרשימים עוקמה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

(6) תרגיל 6

אורניום 235_{92}^{235} מתפרק בשרשרת התפרקיות שכוללת 3 התפרקיות אלפא ו-2 התפרקיות בטא מינוס.

- מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר.

אותו (U_{92}^{235}) ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת (Pb_{82}^{207}) .

- מצא כמה התפרקיות אלפא וכמה התפרקיות בטא מינוס עבר בתהליכי.

(7) תרגיל 7

פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.

- מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?

ii. לפני 11,472 שנה?

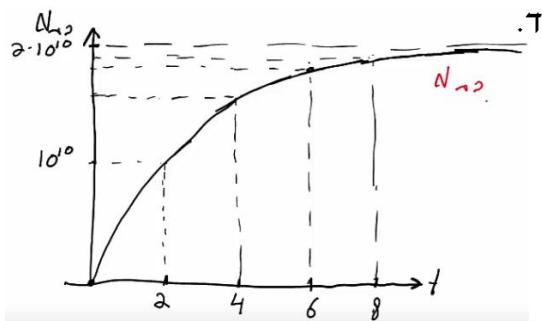
ב. פעילותה של ערימת חומר (1 ק"ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל.
מתי הפסיק לתקף חומר זה?

- מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתקף לפני שבוע?

- מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתקף לפני 65 מיליון שנה?

תשובות סופיות

- (1) א. $E\nu_{\max} < -5.55 \text{ MeV}$. ב. $E\nu_{\max} = -5.55 \text{ MeV}$ ג. $^{228}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{224}_{88}\text{Ra} + ^4_2\text{He}$
- (2) א. הסברים בסרטון. ב. $^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}e + \bar{V}$
- (3) א. 2645 Bq . ב. $8.25 \cdot 10^8 \text{ Bq}$. ג. $1.61 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$. ד. $8.75 \cdot 10^9 \text{ Bq}$.
- (4) א. $6.43 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$. ב. $^{24}_{12}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^0_{-1}e + \bar{V}$. ג. $5 \cdot 10^9 \text{ Bq}$. ד. $4.3 \cdot 10^{22} \text{ Bq}$.
- (5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים.



- (6) א. $^{223}_{88}\text{Ra}$. ב. 7 התפרקויות אלף ו-4 בטא.
- (7) א. 1. 57.75 Bq . ב. לפני 3,031 שנה בערך. ג. לא אפשר לדעת.
- ד. $R \rightarrow 0$.

תגובהות גרעיניות

שאלות

1) תרגיל 1

- יוררים על גרעין Al_{13}^{27} , שמסתו האטומית $n_{\text{Al}} = 26.981538$, גרעין הליום. בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו $n_{\text{product}} = 29.9783138$, וחלקיק נסף – נויטرون.
- כתוב את משווהת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ядוע שסימנו C .
 - כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?
 - נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שהשכנו בסעיף ב. לאן תליך אנרגיה זו לאחר התגובה?

2) תרגיל 2

- נתונה התגובה הבאה : ${}_{1}^2\text{H} + {}_{1}^2\text{H} \rightarrow {}_{2}^3\text{H} + ?$.
- השלם את התגובה.
 - נתון שאנרגיית הקשר לנוקלייאון לדויטוריום (${}_{1}^2\text{H}$) היא 1.11226 MeV , ולהליום ${}_{2}^3\text{H}$ (${}_{2}^3\text{H}$) היא 2.5727 MeV . מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשكيיע בתגובה הניל, כדי שתתרה.

תשובות סופיות

- א. $\Delta E = 2.65\text{ MeV}$ ב. ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_{0}^{1}\text{h}$
 - ג. אנרגיה קינטית לתוצריים ופליטה של אנרגיה בצורה פוטוניים.
- א. $n + {}_{1}^2\text{H} \rightarrow {}_{2}^3\text{H} + {}_{0}^{1}\text{n}$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).

אנרגיות קשר של הגרעין ויציבות גרעינים:

שאלות:

1) **תרגיל 1**

חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליטיום 7.

2) **תרגיל 2**

מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליון של פחמן 12.

תשובות סופיות:

$$\Delta E = 39.2 \text{ MeV} \quad (1)$$

$$E = 7.684 \quad (2)$$

רדיואקטיביות:

שאלות:

1) תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.



ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתיהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא: $u_{228} = 228.0287411$, ומסתו האטומית של רדיום 224 היא: $u_{224} = 224.020186$.

ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני תהיה קטנה מהערך שחישבת בסעיף ב'?

2) תרגיל 2

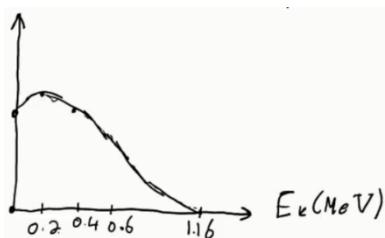
עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמות (${}_{83}^{210}\text{Bi}$).

נמצא, שחומר זה מתפרק התפרקות בטא מינוס לחומר לא-ידוע בשם פולוניום (Po).

א. כתוב את משוואת התהפרקות.

ב. בניסוי המשך עם חומר זה מודדים את מהירות החלקיקים הנפלטים מהגרעין, ומשרטטים גраф של מספר החלקיקים הנפלטים בעלי אנרגיה קינטית מסוימת, כתלות באנרגיה קינטית זו.

התקובל הגраф הבא:



נתון שמסתו האטומית של ביסמות זה היא: $u_{210} = 209.98412$, ומסתו האטומית של פולוניום זה היא: $u_{209} = 209.98287$.

ו. הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגראף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.

ו.ii. הסבר מדוע שאר הנקודות בגראף לא סותרות חוק שימור זה, ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גראף זה.

(3) תרגיל 3

נתון מודגם של חומר רדיואקטיבי בעל 10 Grעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

- כמה Grעינים רדיואקטיביים ישארו במודגם לאחר יומיים וחצי?
- כמה Grעיני בת ייוציאו לאחר 7 ימים?
- כמה Grעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?
- מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

(4) תרגיל 4

נתון מודגם של נתרן 24 ($^{24}_{11}\text{Na}$) שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום (Mg). מסת המודגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא: $n = 23.990962$.

זמן מחצית החיים של נתרן הוא 15 שעות.

א. כתוב את משוואת תהליך התפרקות.

ב. מה פעליות מודגם זה ברגע $t = 0$?

ג. מה תהיה פעילותו (בקרל) לאחר 30 שעות?

ד. כמה Grעיני בת ייוציאו לאחר 42 שעות?

(5) תרגיל 5

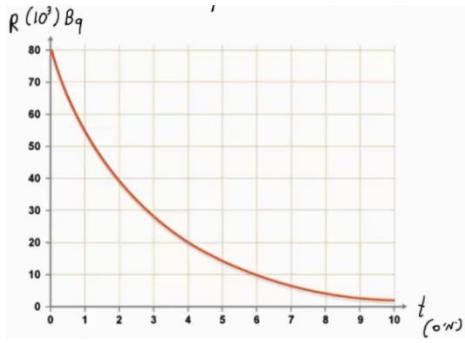
חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמוופיע בתרשימים הבא :

א. מהו זמן מחצית החיים של החומר?

ב. متى תהיה פעילותו 10^4 בקרל?

ג. מה תהיה פעילותו ברגע $t = 17$ days ?

ד. הוסף לתרשימים עוקמה המתארת את כמות Grעיני הבת שנוצרו בתהליכי כתלות בזמן.



(6) תרגיל 6

אורניום 235 ($^{235}_{92}\text{U}$) מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.

א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של/grעין החדש שנוצר.

אותו ($^{235}_{92}\text{U}$) ממשיק בשרשרת התפרקויות שלו, ומסיים איזוטופ יציב של עופרת ($^{207}_{82}\text{Pb}$).

ב. מצא כמה התפרקויות אלפא וכמה התפרקויות בטא מינוס עבר בתהליכי.

7) תרגיל 7

פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.

א. ענה על השעיפים הבאים:

ו. מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?

ו. לפני 11,472 שנה?

ב. פעילותה של עירימת חומר (1 ק"ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל.

מתי הפסיק לתפקיד חומר זה?

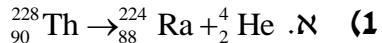
ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתפקיד לפני שבוע?

ד. מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתפקיד לפני 65 מיליון שנה?

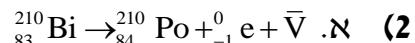
תשובות סופיות:

ג. $E_{V_{\max}} < -5.55 \text{ MeV}$

ב. $E_{V_{\max}} = -5.55 \text{ MeV}$



ב. הסברים בסרטון.



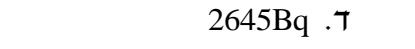
ג. $8.25 \cdot 10^8$

ב. $8.75 \cdot 10^9$

א. $5 \cdot 10^9$ (3)

ג. $1.61 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$

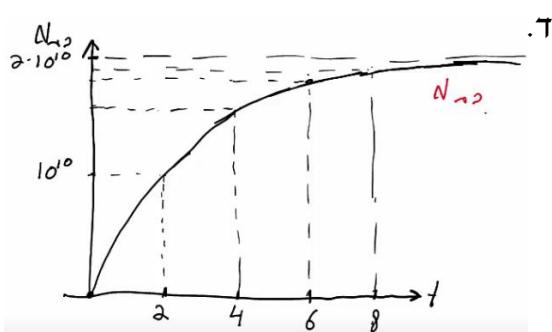
ב. $6.43 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$



ג. 221 Bq

ב. אחרי שישה ימים.

ד. יומיים. (5)



ב. 7 התפרקויות אלף ו-4 בטא.



ב. לפני 3,031 שנה בערך.

א.ii. 57.75 Bq

א.i. 115.5 Bq (7)

ד. $R \rightarrow 0$

ג. אי אפשר לדעת.

תשובות גרעיניות:

שאלות:

(1) תרגיל 1

- יורים על גרעין $^{27}_{13}\text{Al}$, שמסתו האטומית: $n = 26.981538$, גרעין הליום. בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו: $n = 29.9783138$, וחלקיק נוסף – נויטרון.
- כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידיוע שסימנו P .
 - כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?
 - נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שהיחסבו בסעיף ב'.
 - لأن תליך אנרגיה זו לאחר התגובה?

(2) תרגיל 2

- נתונה התגובה הבאה: $.^{2}_{1}\text{H} + .^{2}_{1}\text{H} \rightarrow .^{3}_{2}\text{H} + ?$.
- השלם את התגובה.
 - נתון שאנרגיית הקשר לנוקלייאון לדוטוריום ($^{2}_{1}\text{H}$) היא: 1.11226 MeV , ולהליום 3 ($^{3}_{2}\text{H}$) היא: 2.5727 MeV . מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשיקע בתגובה הניל, כדי שתתרחש.

תשובות סופיות:

- (1) א. $\Delta E = 2.65\text{ MeV}$ ב. $.^{27}_{13}\text{Al} + .^{4}_{2}\text{He} \rightarrow .^{30}_{15}\text{P} + .^{1}_{0}\text{h}$
- ג. אנרגייה קינטית לתוצריים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.
- (2) א. $n + .^{2}_{1}\text{H} \rightarrow .^{3}_{2}\text{H} + .^{1}_{0}\text{h}$ ב. התהיליך יקרה מעצמו (0).