קורס הכנה מלא לבגרות בפיזיקה

פרק 41

גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות

הגרעין- הסבר 1
אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים 6
רדיואקטיביות 7
תגובות גרעיניות 10

אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים

שאלות

1) חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.

2) מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

תשובות סופיות

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

2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות

שאלות

1) תרגיל 1

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

א. השלם את משוואת התהליך: $^{228}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow ^{?}_{?}\mathrm{Ra} + ?$.

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

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא $228.0287411u$,
ומסתו האטומית של רדיום 224 היא $224.020186u$.

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

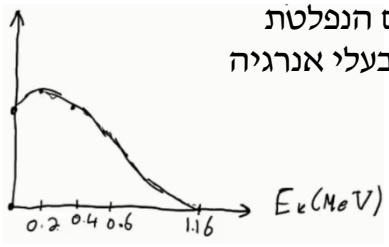
2) תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט $\left(^{210}_{83}\mathrm{Bi}\right)$.

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

א. כתוב את משוואת ההתפרקות.

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



נתון שמסתו האטומית של ביסמוט זה היא $209.98412u$,
ושמסתו האטומית של פולוניום זה היא $209.98287u$.

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

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

3) תרגיל 3

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

א. כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?

ב. כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?

ג. כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?

ד. מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

4) תרגיל 4

נתון מדגם של נתרן 24 $\left(^{24}_{11}\mathrm{Na}\right)$ שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום $\left(\mathrm{Mg}\right)$.

מסת המדגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא $23.990962u$.

זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.

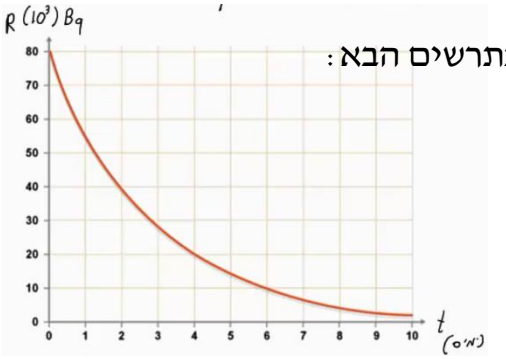
א. כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.

ב. מה פעילות מדגם זה ברגע $t=0$?

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

ד. כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?

5) תרגיל 5



חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמופיע בתרשים הבא:

א. מהו זמן מחצית החיים של החומר?

ב. מתי תהיה פעילותו 10^4 בקרל?

ג. מה תהיה פעילותו ברגע $t=17\ \mathrm{days}$?

ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

6) תרגיל 6

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

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

אותו $\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת $\left(^{207}_{82}\mathrm{Pb}\right)$.

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

7) תרגיל 7

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

א. i. 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 לתפקד חומר זה?

ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?

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

תשובות סופיות

1) א. $^{228}_{90}\mathrm{Th}\rightarrow^{224}_{88}\mathrm{Ra}+^{4}_{2}\mathrm{He}$ ב. $Ev_{max}=-5.55\,\mathrm{MeV}$ ג. $Ev_{max}<-5.55\,\mathrm{MeV}$

2) א. $^{210}_{83}Bi\rightarrow^{210}_{84}Po+^{0}_{-1}e+\bar{V}$ ב. הסברים בסרטון.

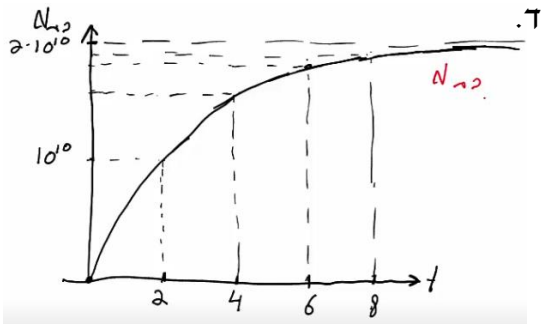
3) א. $5\cdot10^{9}$ ב. $8.75\cdot10^{9}$ ג. $8.25\cdot10^{8}$ ד. $2645\mathrm{Bq}$

4) א. $^{24}_{1}\mathrm{Na}\rightarrow^{24}_{12}\mathrm{Mg}+^{0}_{-1}e+\bar{V}$ ב. $6.43\cdot10^{17}\,\mathrm{Bq}$ ג. $1.61\cdot10^{17}\,\mathrm{Bq}$

ד. $4.3\cdot10^{22}$

5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. $221\mathrm{Bq}$

ד.



6) א. $^{223}_{88}\mathrm{Ra}$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

7) א1. $115.5\mathrm{Bq}$ א2. $57.75\mathrm{Bq}$ ב. לפני 3,031 שנה בערך.

ג. אי אפשר לדעת. ד. $R\rightarrow0$

תגובות גרעיניות

שאלות

1) תרגיל 1

יורים על גרעין $^{27}_{13}\mathrm{Al}$, שמסתו האטומית $26.981538\mathrm{u}$, גרעין הליום.

בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו $29.9783138\mathrm{u}$, וחלקיק נוסף – נויטרון.

א. כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידוע שסימונו P .

ב. כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?

ג. נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבנו בסעיף ב.
לאן תלך אנרגיה זו לאחר התגובה?

2) תרגיל 2

נתונה התגובה הבאה: $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{3}_{2}\mathrm{H}+?$.

א. השלם את התגובה.

ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטוריום $\left(^{2}_{1}\mathrm{H}\right)$ היא $1.11226\,\mathrm{MeV}$,
ולהליום 3 $\left(^{3}_{2}\mathrm{H}\right)$ היא $2.5727\,\mathrm{MeV}$.
מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות

1) א. $^{27}_{13}\mathrm{Al}+^{4}_{2}\mathrm{He}\rightarrow^{30}_{15}\mathrm{P}+^{1}_{0}\mathrm{h}$ ב. $\Delta E=2.65\,\mathrm{MeV}$

ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.

2) א. $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{3}_{2}\mathrm{H}+^{1}_{0}\mathrm{n}$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).

אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים:

שאלות:

1) **תרגיל 1**
חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.

2) **תרגיל 2**
מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

תשובות סופיות:

1) $\Delta E = 39.2\,MeV$

2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות:

שאלות:

1) תרגיל 1

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

א. השלם את משוואת התהליך: $^{228}_{90}Th \rightarrow ^{?}_{?}Ra + ?$.

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

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא: $228.0287411u$, ומסתו האטומית של רדיום 224 היא: $224.020186u$.

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

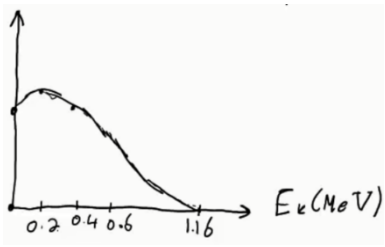
2) תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט $\left(^{210}_{83}Bi\right)$.

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

א. כתוב את משוואת ההתפרקות.

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



נתון שמסתו האטומית של ביסמוט זה היא: $209.98412u$, ושמסתו האטומית של פולוניום זה היא: $209.98287u$.

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

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

3) תרגיל 3

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

א. כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?

ב. כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?

ג. כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?

ד. מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

4) תרגיל 4

נתון מדגם של נתרן 24 $\left(^{24}_{11}\mathrm{Na}\right)$ שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום $\left(\mathrm{Mg}\right)$.

מסת המדגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא: $23.990962\mathrm{u}$.

זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.

א. כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.

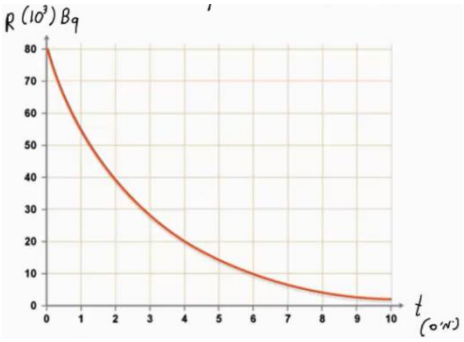
ב. מה פעילות מדגם זה ברגע $t=0$?

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

ד. כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?

5) תרגיל 5

חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמופיע בתרשים הבא:



א. מהו זמן מחצית החיים של החומר?

ב. מתי תהיה פעילותו 10^4 בקרל?

ג. מה תהיה פעילותו ברגע $t=17\ \mathrm{days}$?

ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

6) תרגיל 6

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

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

אותו $\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת $\left(^{207}_{82}\mathrm{Pb}\right)$.

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

7) תרגיל 7

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

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. 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 לתפקד חומר זה?

ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?

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

תשובות סופיות:

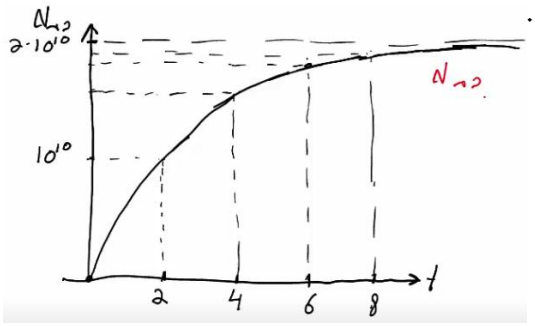
1) א. $^{228}_{90}Th \rightarrow ^{224}_{88}Ra + ^{4}_{2}He$ ב. $Ev_{max} = -5.55\,MeV$ ג. $Ev_{max} < -5.55\,MeV$

2) א. $^{210}_{83}Bi \rightarrow ^{210}_{84}Po + ^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. הסברים בסרטון.

3) א. $5\cdot10^{9}$ ב. $8.75\cdot10^{9}$ ג. $8.25\cdot10^{8}$
ד. 2645Bq

4) א. $^{24}_{1}Na \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. $6.43\cdot10^{17}\,Bq$ ג. $1.61\cdot10^{17}\,Bq$
ד. $4.3\cdot10^{22}$

5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. 221Bq
ד.



6) א. $^{223}_{88}Ra$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

7) א.i. 115.5Bq א.ii. 57.75Bq ב. לפני 3,031 שנה בערך.
ג. אי אפשר לדעת. ד. $R \rightarrow 0$

תגובות גרעיניות:

שאלות:

1) תרגיל 1

יורים על גרעין $^{27}_{13}Al$, שמסתו האטומית: $26.981538u$, גרעין הליום.

בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו: $29.9783138u$, וחלקיק נוסף – נויטרון.

א. כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידוע שסימונו P.

ב. כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?

ג. נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבנו בסעיף ב'.
לאן תלך אנרגיה זו לאחר התגובה?

2) תרגיל 2

נתונה התגובה הבאה: $^{2}_{1}H+^{2}_{1}H\rightarrow^{3}_{2}H+?$.

א. השלם את התגובה.

ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטוריום $\left(^{2}_{1}H\right)$ היא: $1.11226\,MeV$,

ולהליום 3 $\left(^{3}_{2}H\right)$ היא: $2.5727\,MeV$.

מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות:

1) א. $^{27}_{13}Al+^{4}_{2}He\rightarrow^{30}_{15}P+^{1}_{0}h$ ב. $\Delta E=2.65\,MeV$

ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.

2) א. $^{2}_{1}H+^{2}_{1}H\rightarrow^{3}_{2}H+^{1}_{0}n$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).