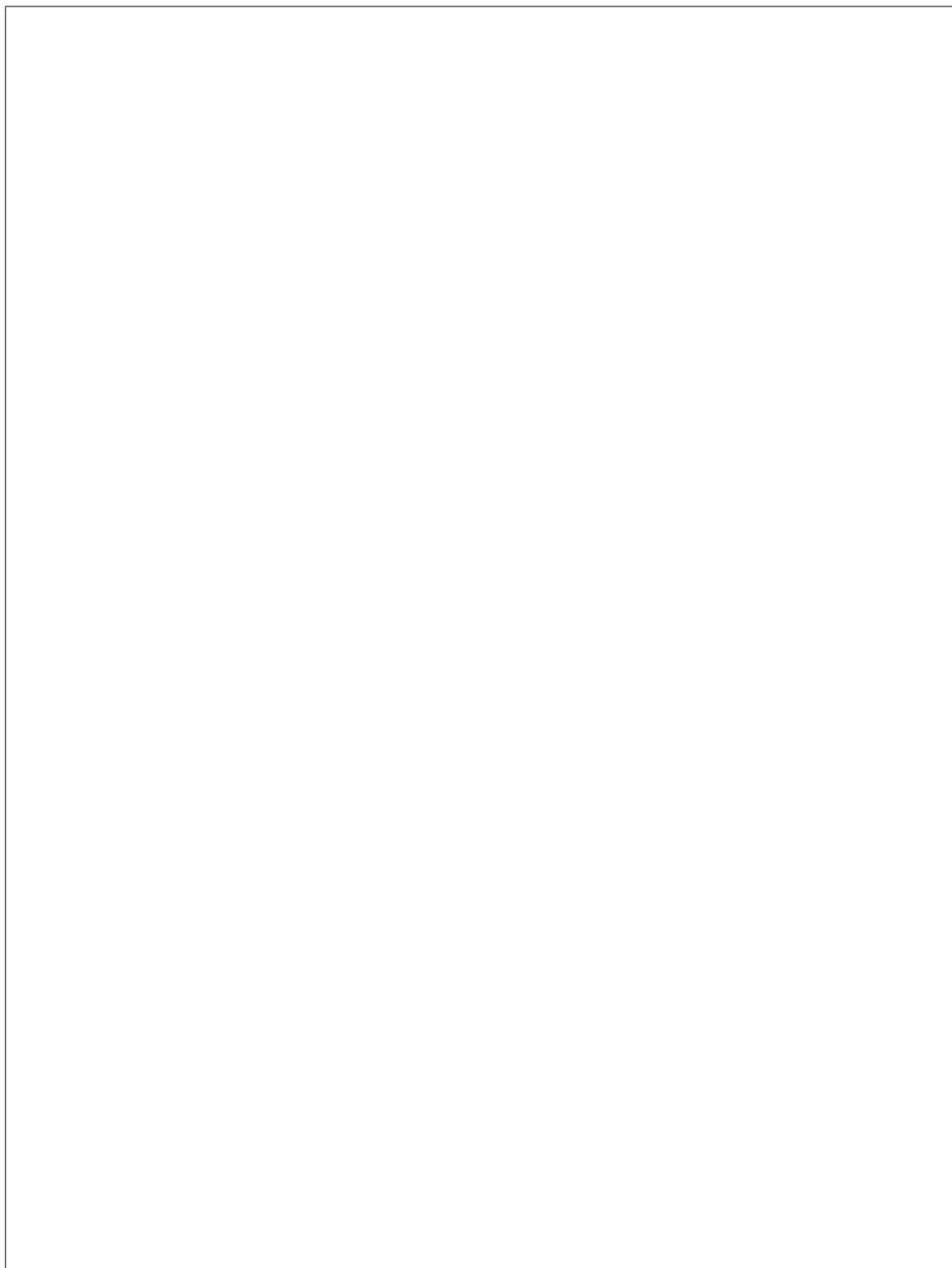


עקרונות שפות תכנות -- מועד א', סמסטר א', 2024/2025

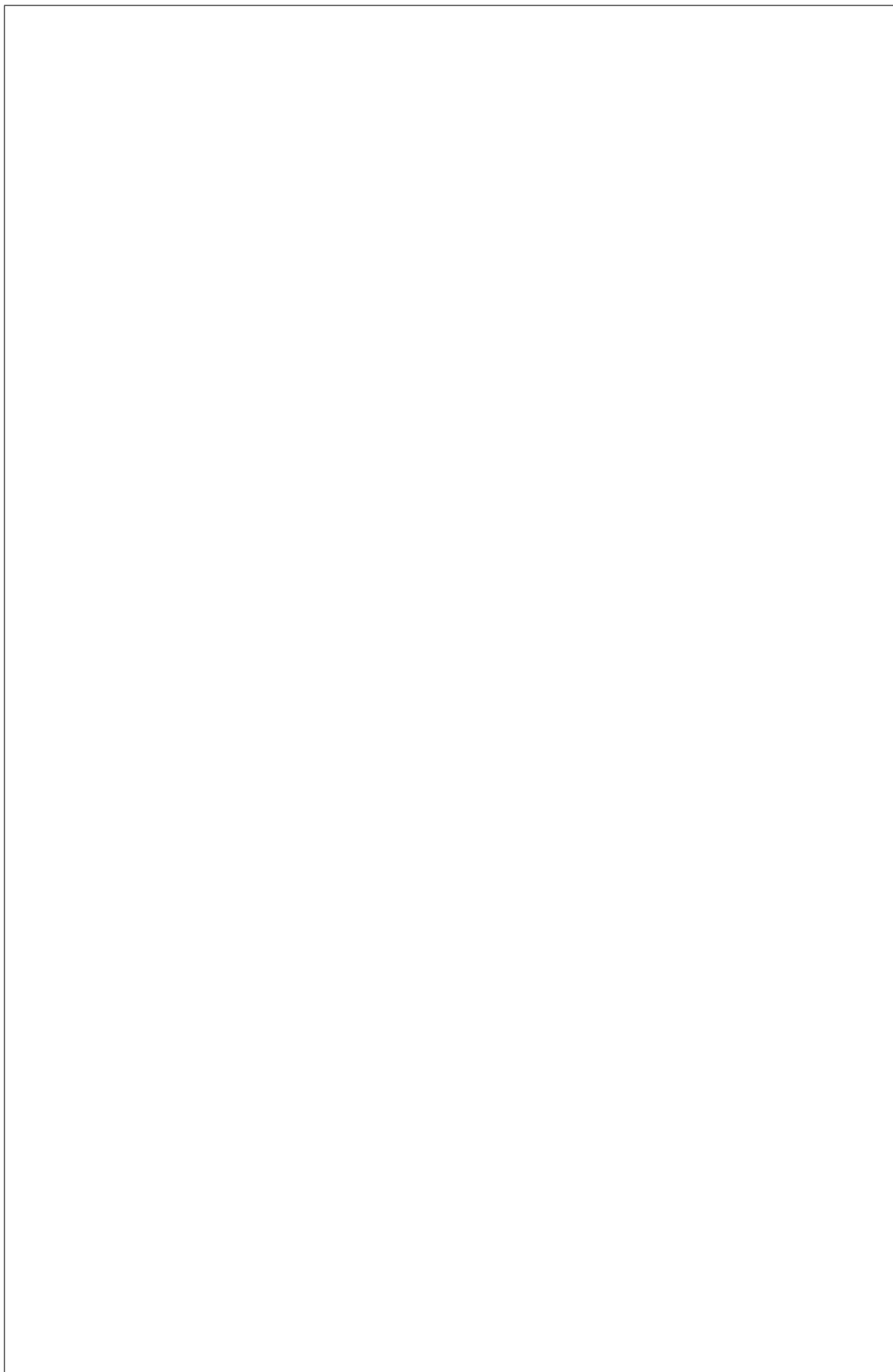
- יש לענות אך ורק בטופס המבחן. מחברת הבחינה לא תיבדק.
- במבחן 6 שאלות.
- מומלץ להשתמש במחברת הבחינה כדי לכתוב טיוטה של התשובות, ואז להעתיקן למקום המתאים בטופס.
- אין צורך להוכיח דבר, אלא אם השאלה מציינת זאת במפורש. למשל: "הציגו", ו-"כתבו" לא מחייבות הוכחה.
- במידת הצורך, בסוף הטופס ישנם דפים נוספים בהם ניתן לכתוב תשובות לשאלות.
- בהצלחה!
- שוב: יש לענות אך ורק בטופס המבחן. מחברת הבחינה לא תיבדק.

1. ממשו בשפת OCaml פונקצייה בשם *combine*. הפונקציה מקבלת כקלט שתי רשימות, ומחזירה רשימה אחת של זוגות סדורים. באיבר ה-*i* שברשימה המוחזרת יופיע זוג סדור, שהאיבר הראשון בו הוא האיבר ה-*i* מהרשימה הראשונה שבקלט, והאיבר השני בו הוא האיבר ה-*i* מהרשימה השניה שבקלט. לפני הגדרת הפונקציה, הגדירו אקספסן כלשהו (לא משנה איזה). אם הרשימות אינן באותו אורך, על הפונקציה לזרוק את האקספסן שהוגדר. למשל:

- $(combine [1; 2; 3] [4; 5; 6]) = [(1, 4); (2, 5); (3, 6)]$
- $(combine ["a"] ["b"]) = [{"a", "b"}]$
- $(combine [1; 2] [1])$ תזרוק את האקספסן שהוגדר.



2. הראו גזירה בסמנטיקה האקסיומטית שמסתיימת בהיגד הבא: $\{true\} \text{ while } true \text{ do } (skip; skip) \{true\}$.



3. שאלה על תחשיב למדא ללא טיפוסים:

(א) כתבו ביטוי בתחשיב למדא ללא טיפוסים שמממש את פונקציית $nand$. כלומר: $(nand\ x\ y) \rightarrow^* tru$ אם x הוא fls או y הוא fls , ו- $(nand\ x\ y) \rightarrow^* fls$ אם x ו- y שניהם tru . מותר להשתמש בקומבינטורים מדף הנוסחאות מבלי להגדירם. אם תשתמשו בקומבינטורים אחרים, הגדירו אותם.

(ב) להלן ביטוי: $(\lambda x.y)((\lambda y.y y)(\lambda x.x x x))$.

מה תהיה התוצאה של הפעלת רדוקציית בטא על הביטוי באסטרטגיית CBN ? אם לא תהיה תוצאה (כלומר, רדוקציית בטא תמשיך עד אינסוף), כתבו זאת.

מה תהיה התוצאה של הפעלת רדוקציית בטא על הביטוי באסטרטגיית CBV ? אם לא תהיה תוצאה (כלומר, רדוקציית בטא תמשיך עד אינסוף), כתבו זאת.

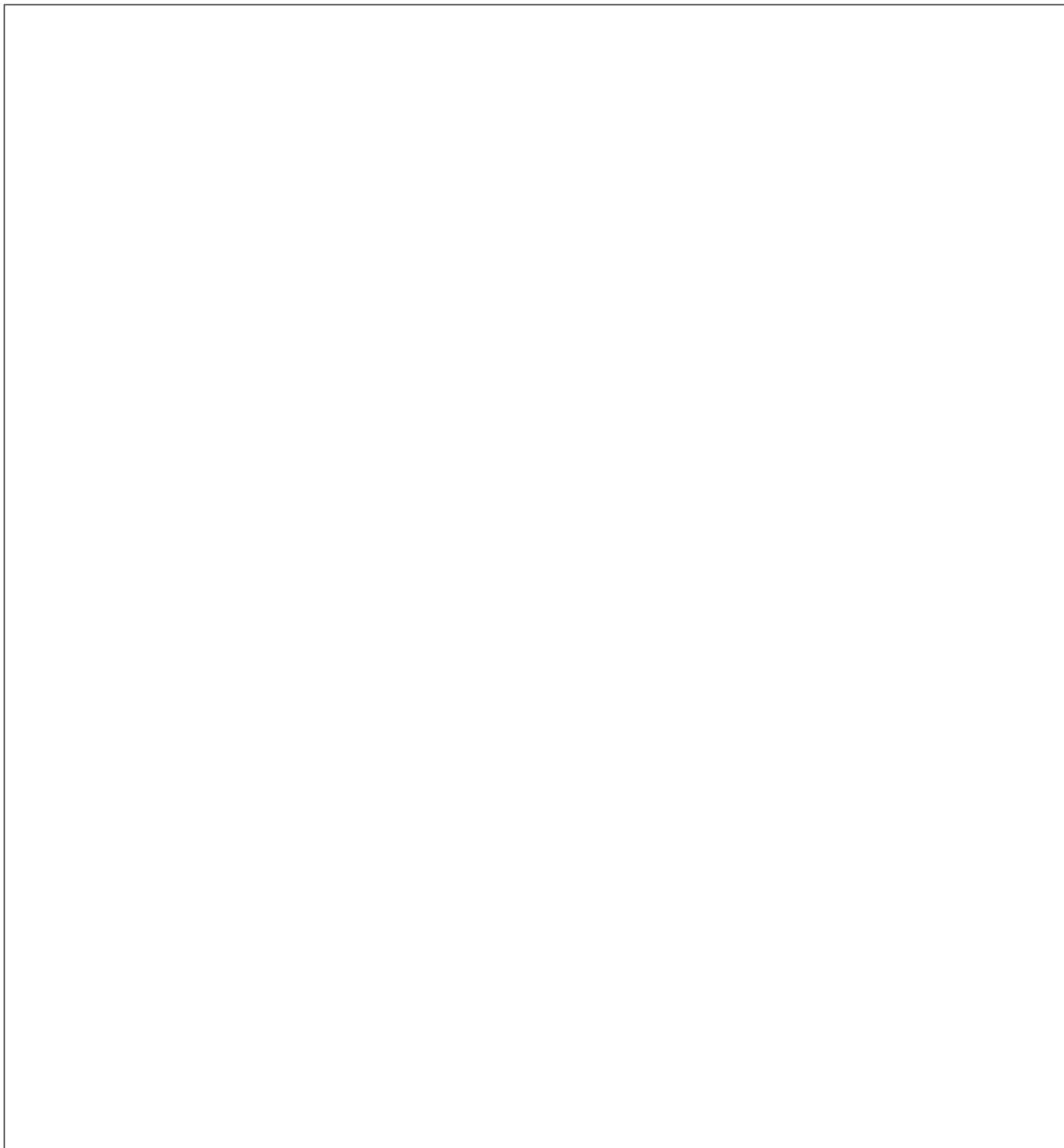
4. שאלה על תחשיב למדא עם טיפוסים:

(א) להלן טענה והוכחה שלה, לגבי תחשיב למדא עם טיפוסים. בהוכחה יש חלק אחד חסר. השלימו אותו.

טענה (למת השימור): אם $\Gamma \vdash t : T$ ו- $t \rightarrow t'$ לפי CBV , אז $\Gamma \vdash t' : T$.

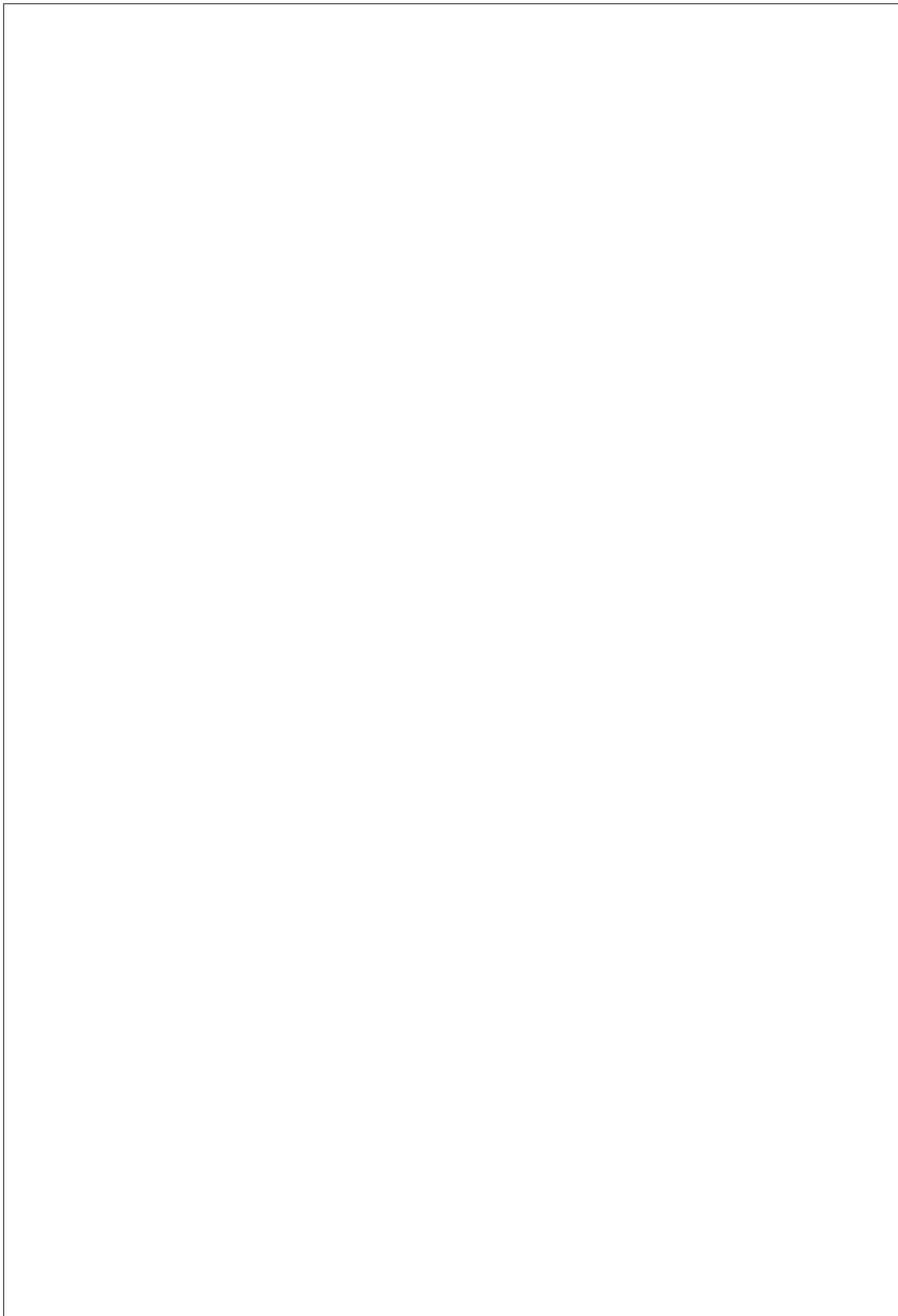
הוכחה: באינדוקציה על הגזירה של $\Gamma \vdash t : T$. נפריד למקרים לפי הכלל האחרון בו נעשה שימוש.

- $T - TRUE$ או $T - FALSE$: אין צורך להשלים.
- $T - VAR$: אין צורך להשלים.
- $T - ABS$: אין צורך להשלים.
- $T - IF$: אין צורך להשלים.
- $T - APP$: במקרה זה, $T = T_{12}$, $t = t_1 t_2$, והגזירה מסתיימת כך: $\frac{\Gamma \vdash t_1 : T_{11} \rightarrow T_{12} \quad \Gamma \vdash t_2 : T_{11}}{\Gamma \vdash t_1 t_2 : T_{12}}$. נחלק לשלושה תתי מקרים:
 - $t_1 = \lambda x : T_{11}. t_{11}$, $t' = t_{11} [x \mapsto t_2]$, אין צורך להשלים.
 - יש t'_2 כך ש- $t_2 \rightarrow t'_2$ לפי CBV ו- $t' = t_1 t'_2$: אין צורך להשלים.
 - יש t'_1 כך ש- $t_1 \rightarrow t'_1$ לפי CBV ו- $t' = t'_1 t_2$: השלימו את ההוכחה של המקרה הזה בלבד:



(ב) נסמן את הטיפוס $Bool$ באמצעות האות B . הציגו גזירה עם כללי ההטפסה שמסתיימת בהיגד הבא:

$$\vdash (\lambda x : B. \lambda y : (B \rightarrow B). \text{if } x \text{ then } (y \ x) \ \text{else } x) : B \rightarrow ((B \rightarrow B) \rightarrow B)$$



5. חשבו מה יהיה ערכו של הביטוי הבא ב-OCaml: $let f = fun x \rightarrow 1 in f 1$. הוכיחו זאת על ידי הצגת גזירה מתאימה לפי כללי האבלואציה של OCaml.

$$p(a, d).$$

$$q(a, x).$$

$$q(b, x).$$

$$q(c, x).$$

$$r(b).$$

$$r(c).$$

$$s(X) :- q(X, x), r(X).$$

$$s(X) :- p(X, d).$$

כמו כן, נביט בשאלתה הבאה

$$?- s(X).$$

מה תהיה התשובה שנקבל עבור השאלתה הנ"ל בכל אחד מהמקרים הבאים, אם נלחץ על ; כל עוד ניתן?

(א) בתכנית המקורית

(ב) בתכנית המתקבלת מהתכנית המקורית על ידי החלפת השורה האחת לפני האחרונה בשורה

$$s(X) :- q(X, x), !, r(X).$$

(ג) בתכנית המתקבלת מהתכנית המקורית על ידי החלפת השורה האחת לפני האחרונה בשורה

$$s(X) :- q(X, x), r(X), !.$$

(ד) בתכנית המתקבלת מהתכנית המקורית על ידי החלפת השורה האחת לפני האחרונה בשורה

$$s(X) :- !, q(X, x), r(X).$$

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying most of the page. It is intended for the student to write their answers to the question.





