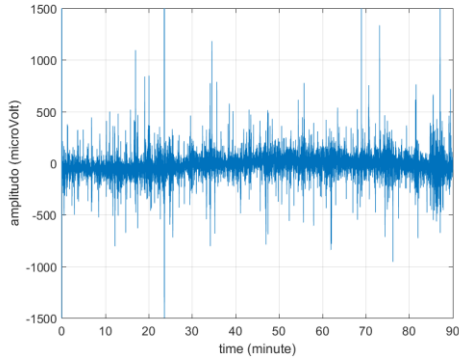


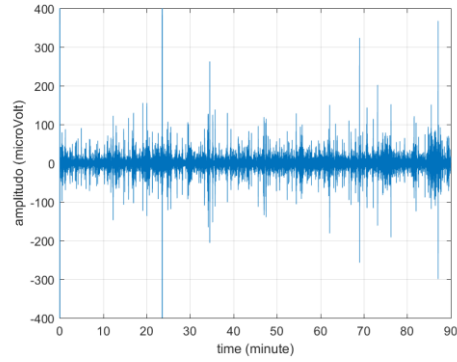
APPENDICE 1
AUTODIDACT IN THE LATE MORNIG [PARTICIPANT 1]

1. F3 channel

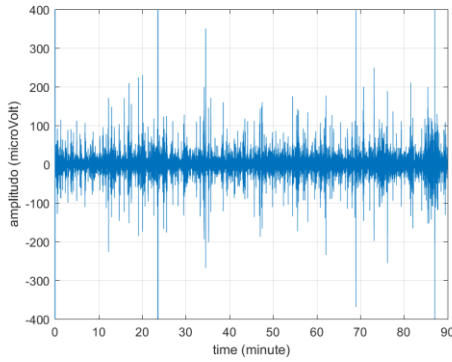
a. EEG Signal



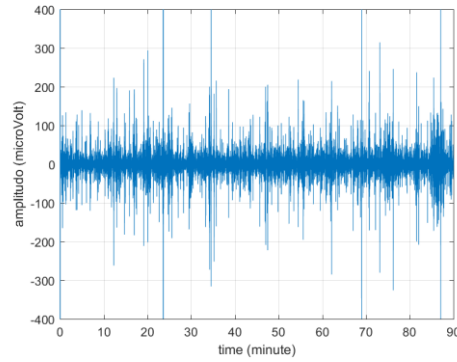
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

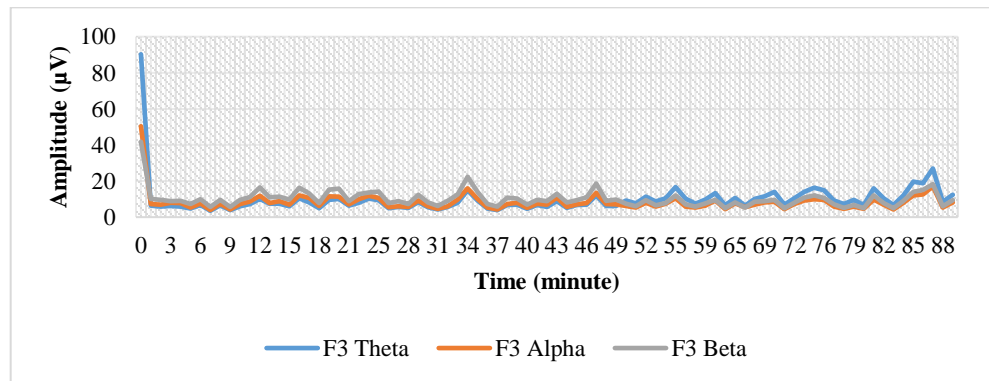


Alpha (8-13 Hz)



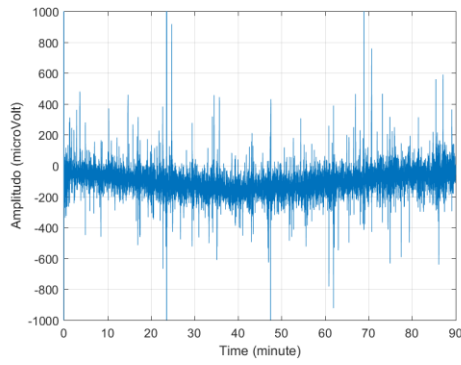
Beta (13-30 Hz)

b. RMS graphic – full time

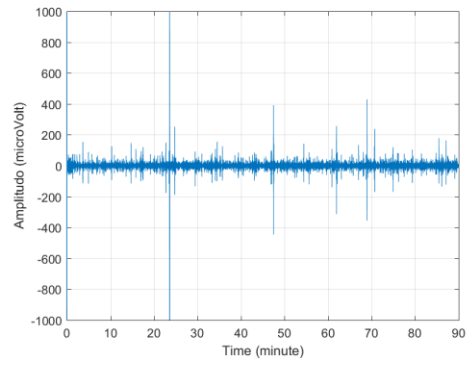


2. F4 channel

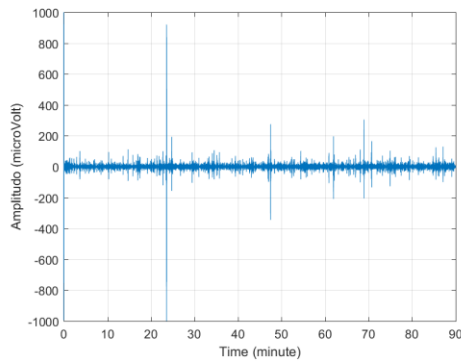
a. EEG Signal



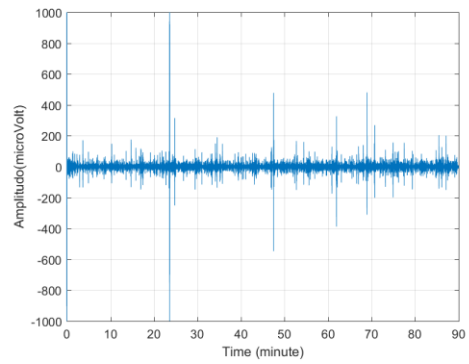
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

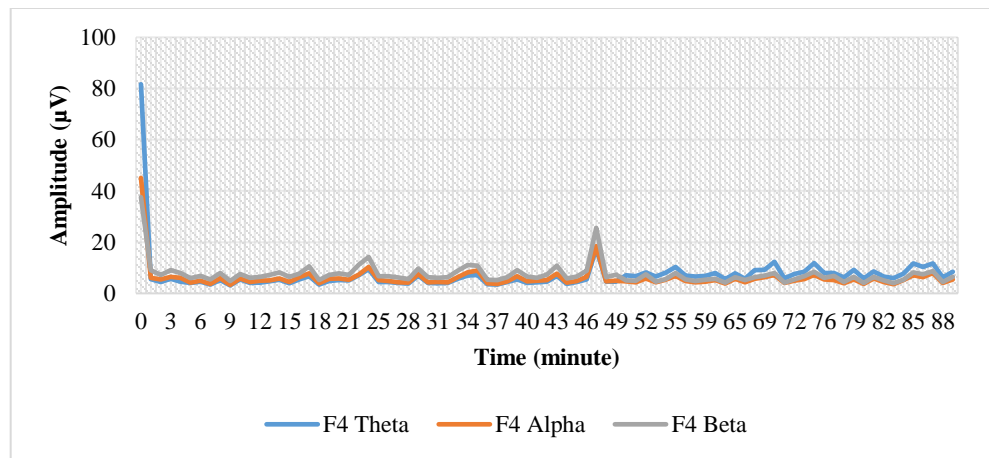


Alpha (8-13 Hz)



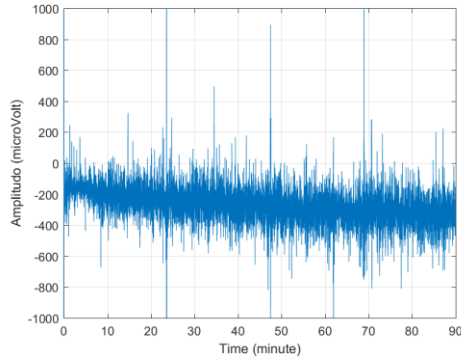
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

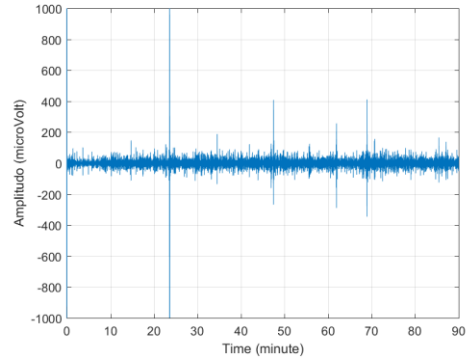


3. P3 channel

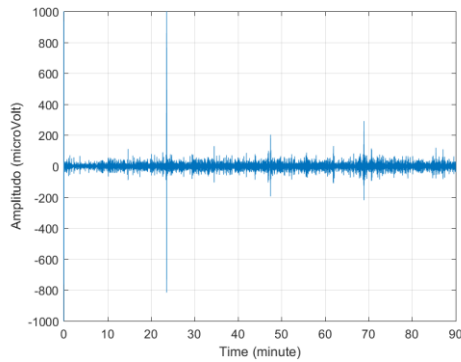
a. EEG Signal



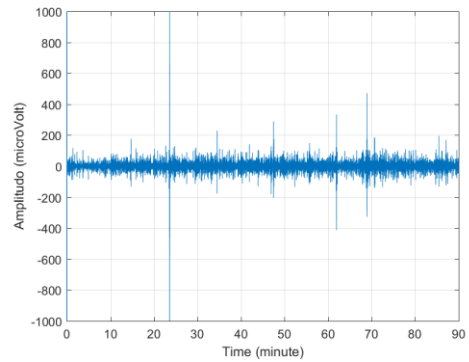
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

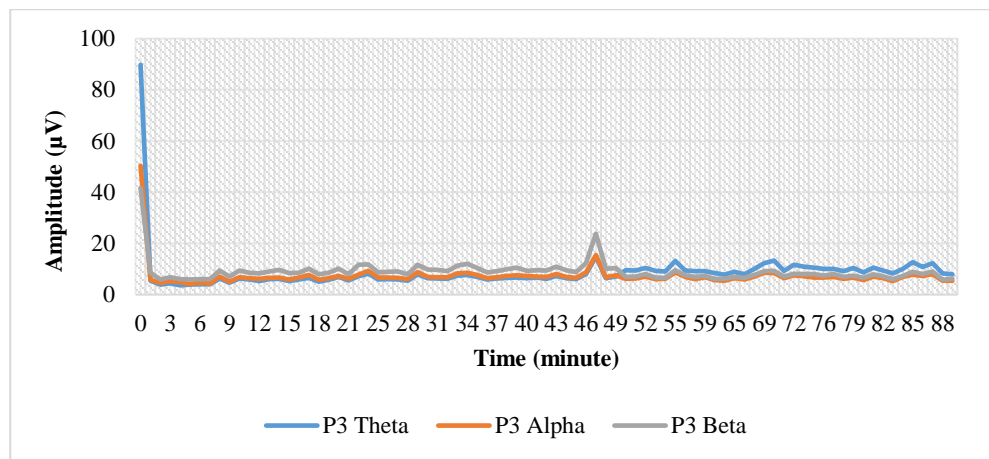


Alpha (8-13 Hz)



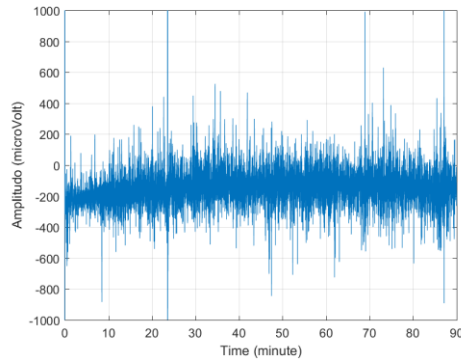
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

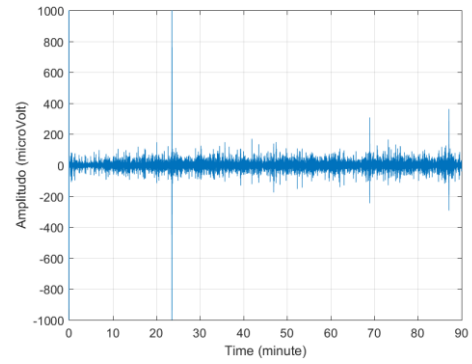


4. P4 channel

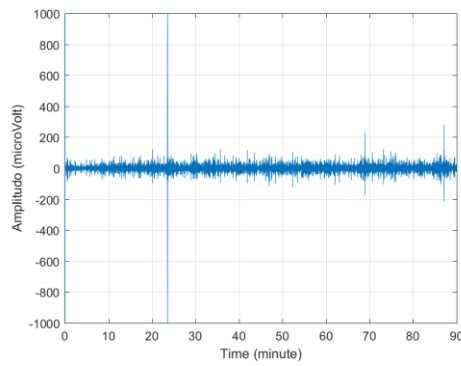
a. EEG Signal



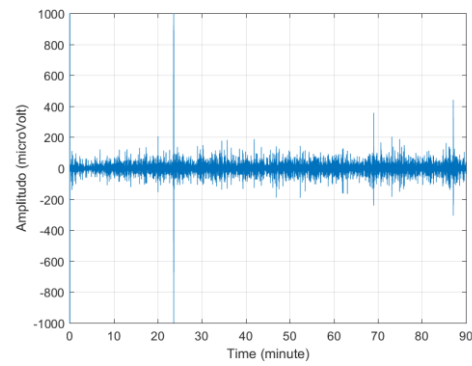
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

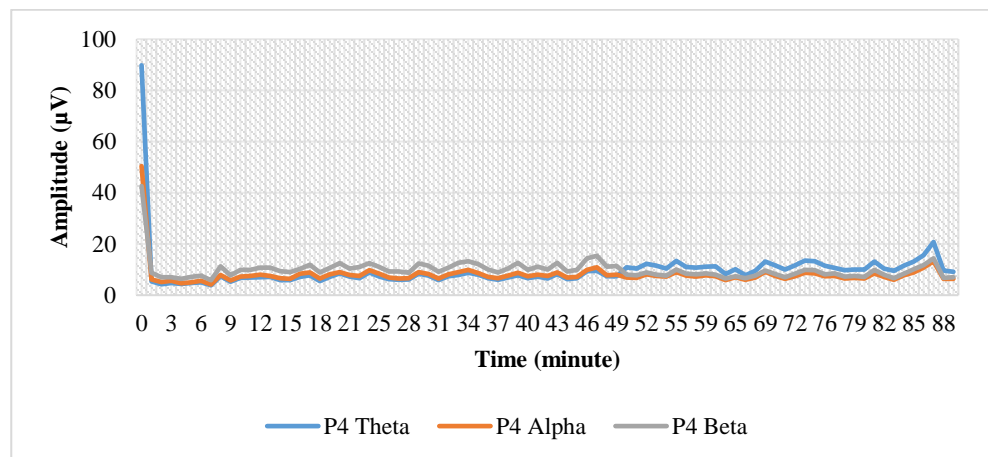


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

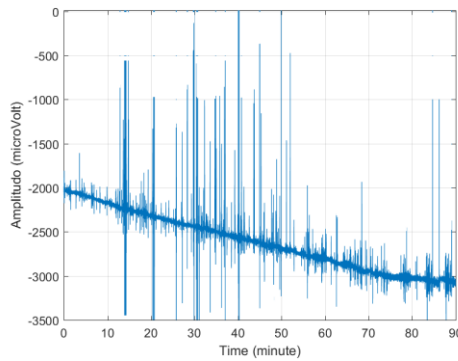


APPENDICES 2

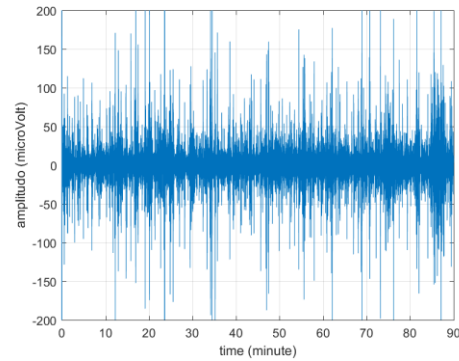
AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 2]

1. F3 channel

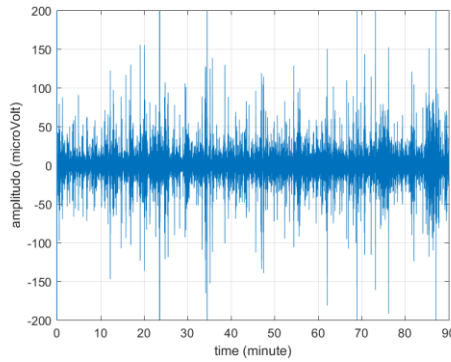
a. EEG Signal



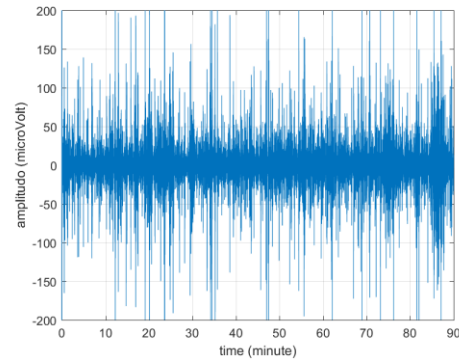
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

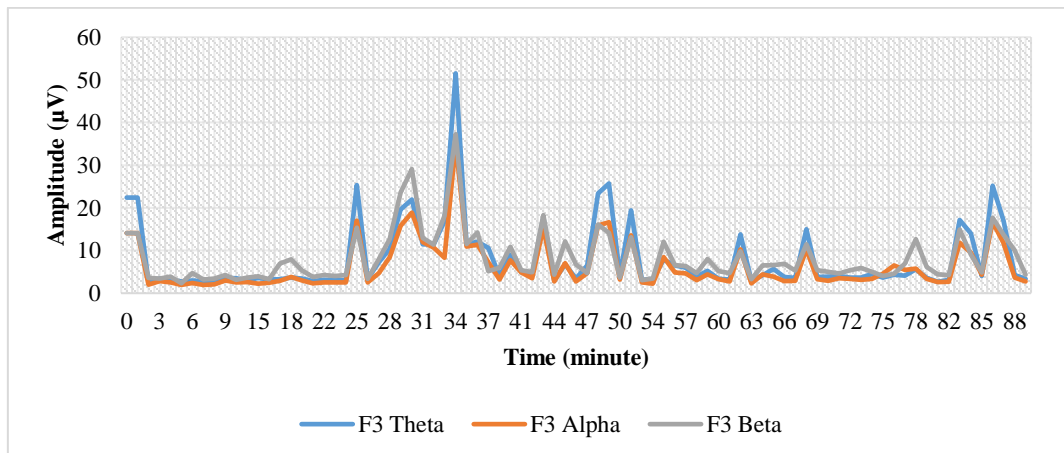


Alpha (8-13 Hz)



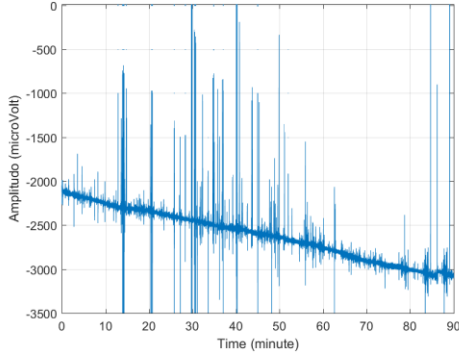
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

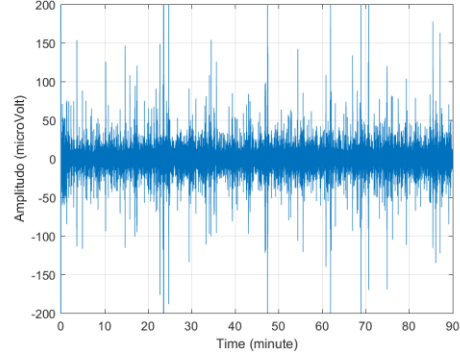


2. F4 channel

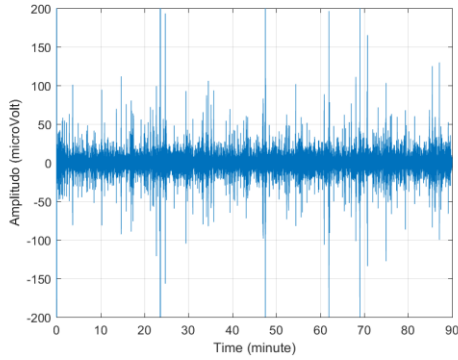
a. EEG Signal



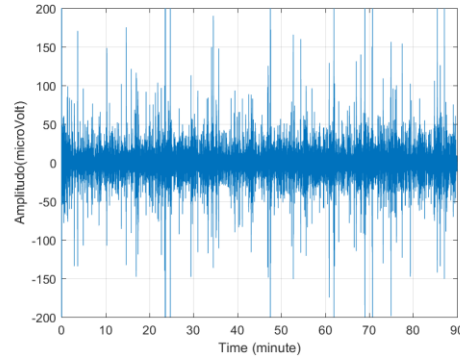
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

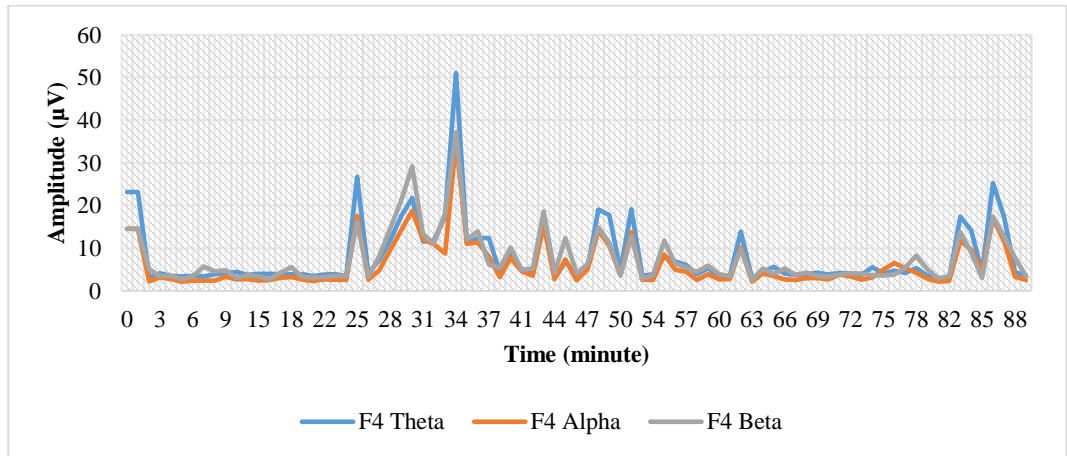


Alpha (8-13 Hz)



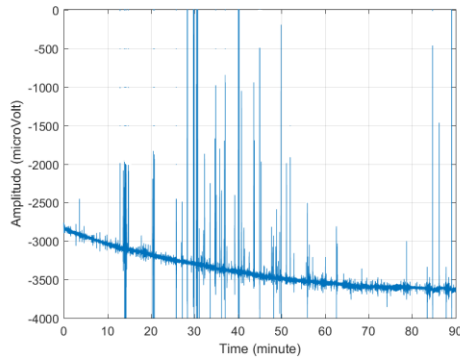
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

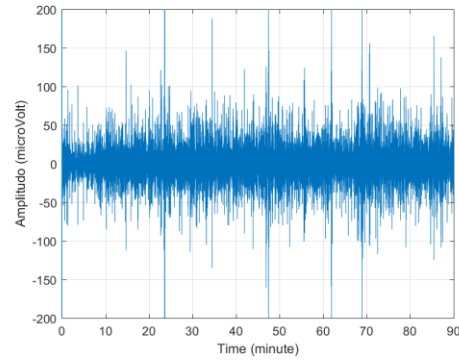


3. P3 channel

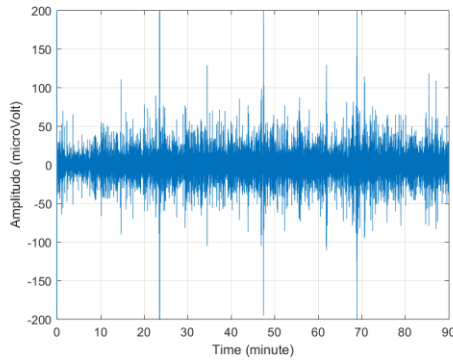
a. EEG Signal



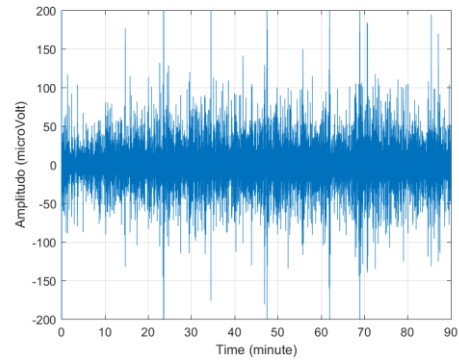
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

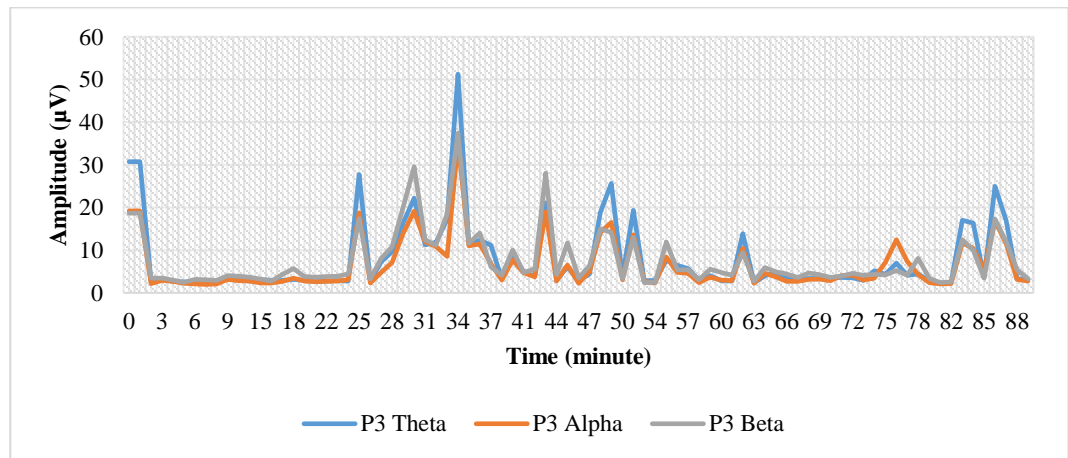


Alpha (8-13 Hz)



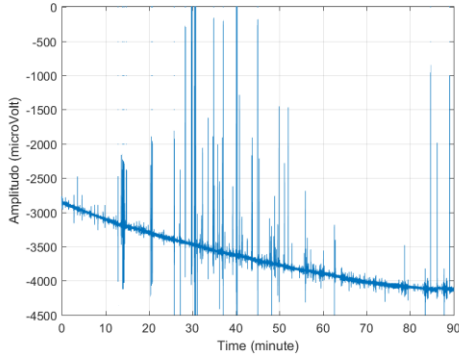
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

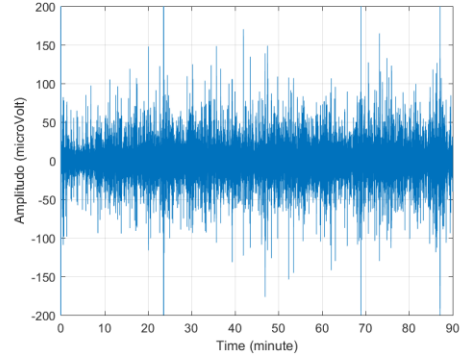


4. P4 channel

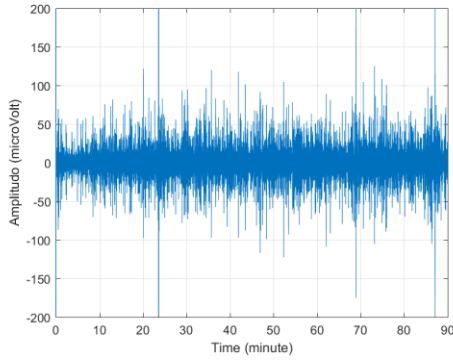
a. EEG Signal



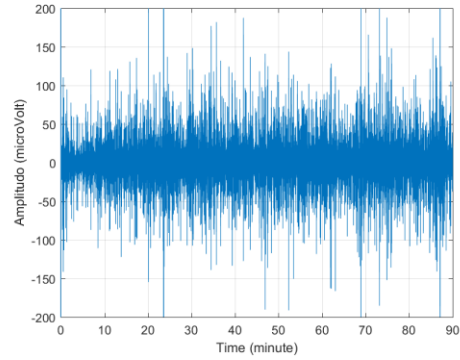
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

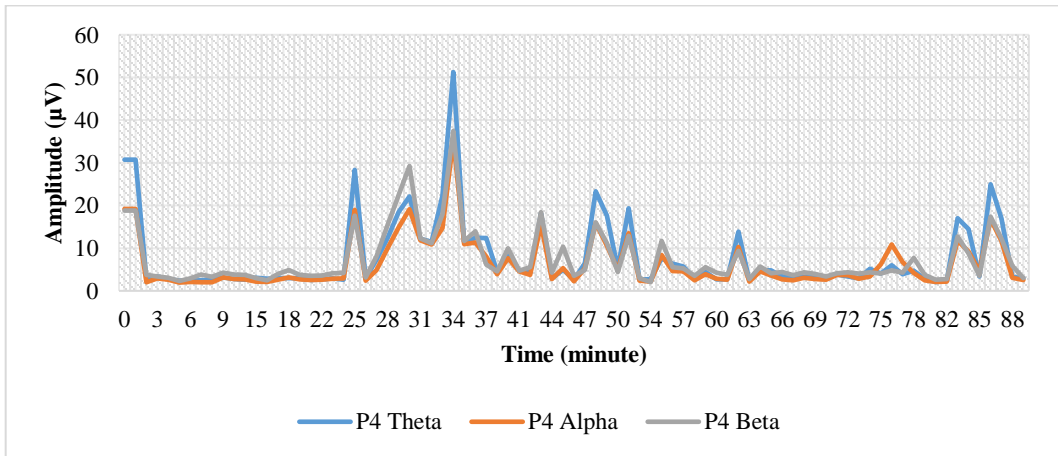


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

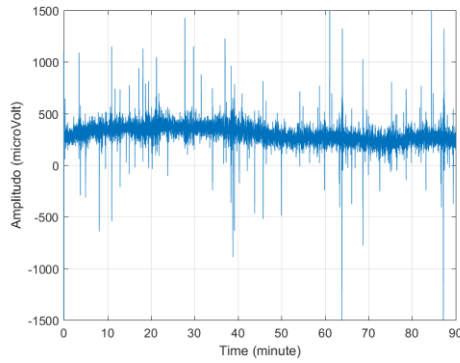
b. RMS calculation



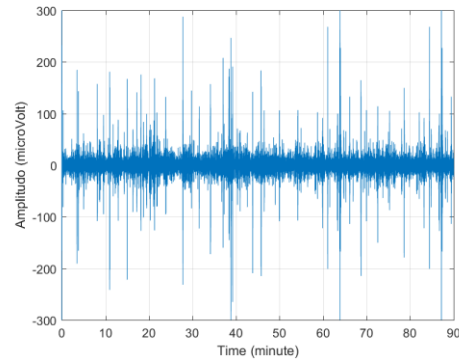
APPENDICES 3
AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 3]

1. F3 channel

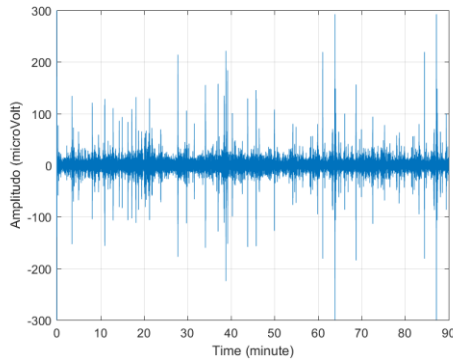
a. EEG Signal



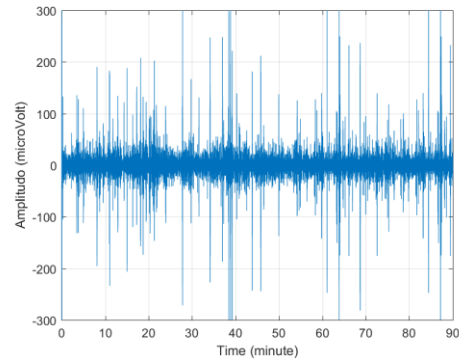
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

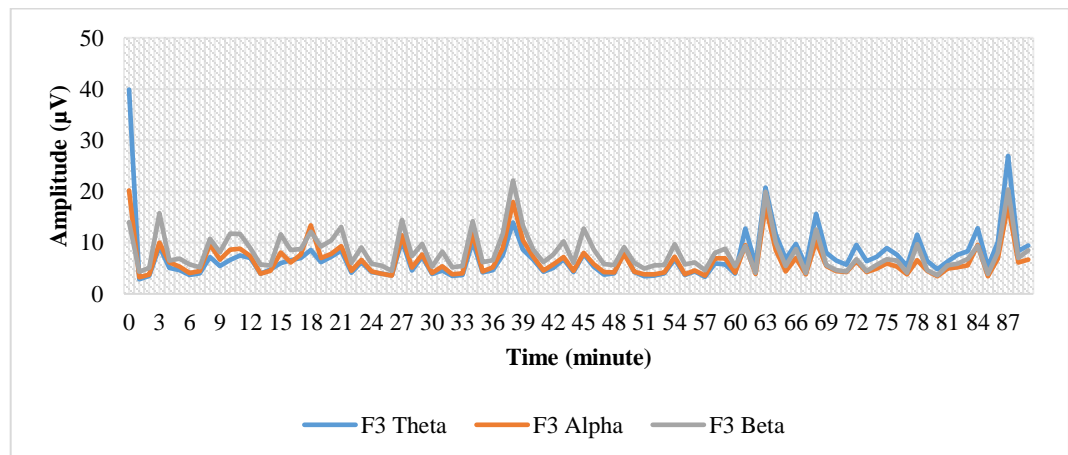


Alpha (8-13 Hz)



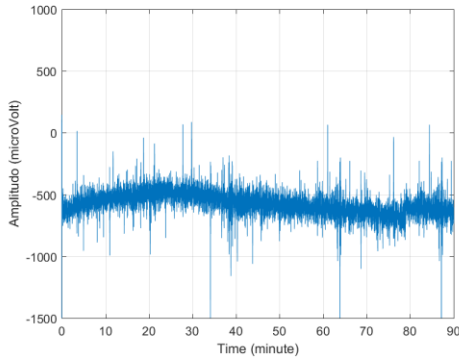
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

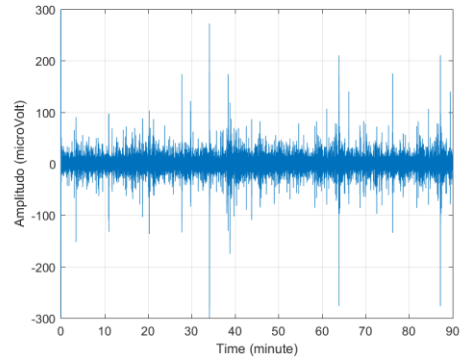


2. F4 channel

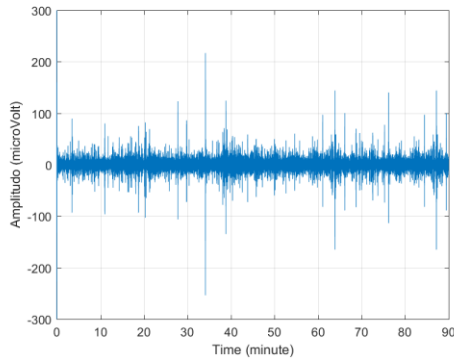
a. EEG Signal



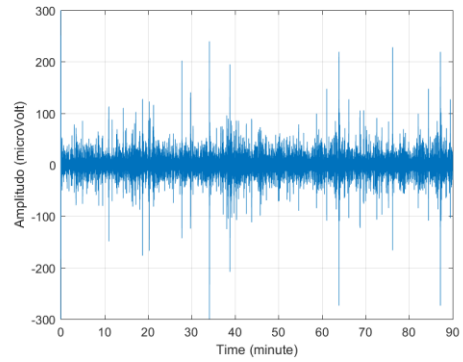
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

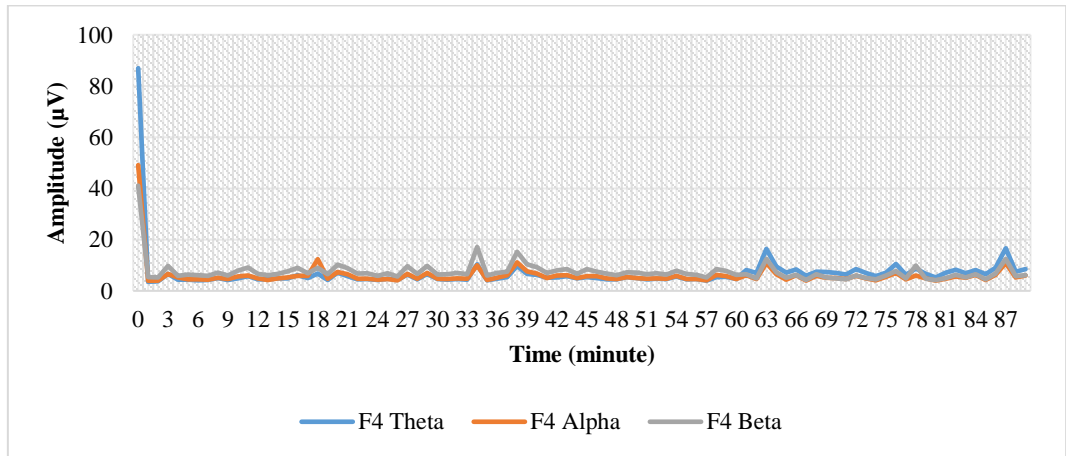


Alpha (8-13 Hz)



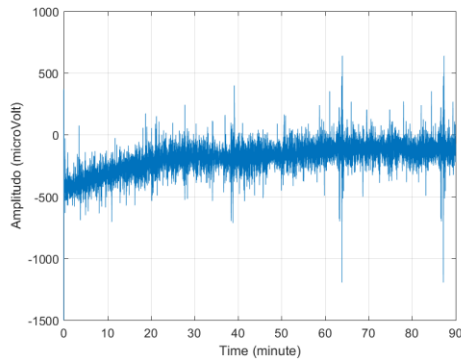
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

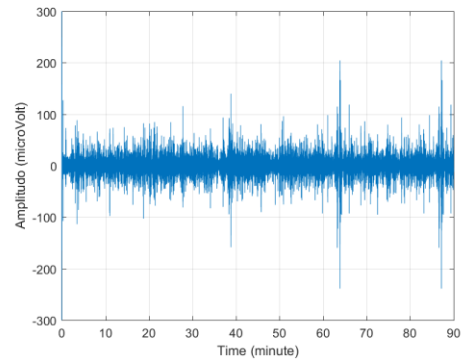


3. P3 channel

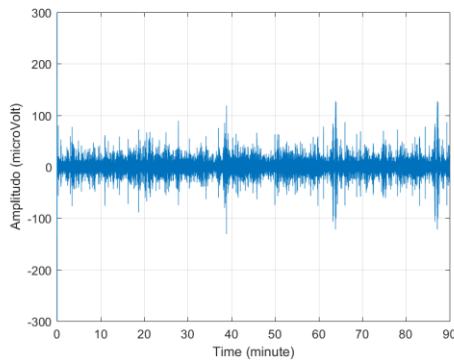
a. EEG Signal



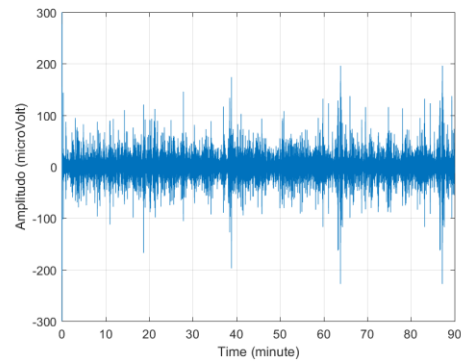
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

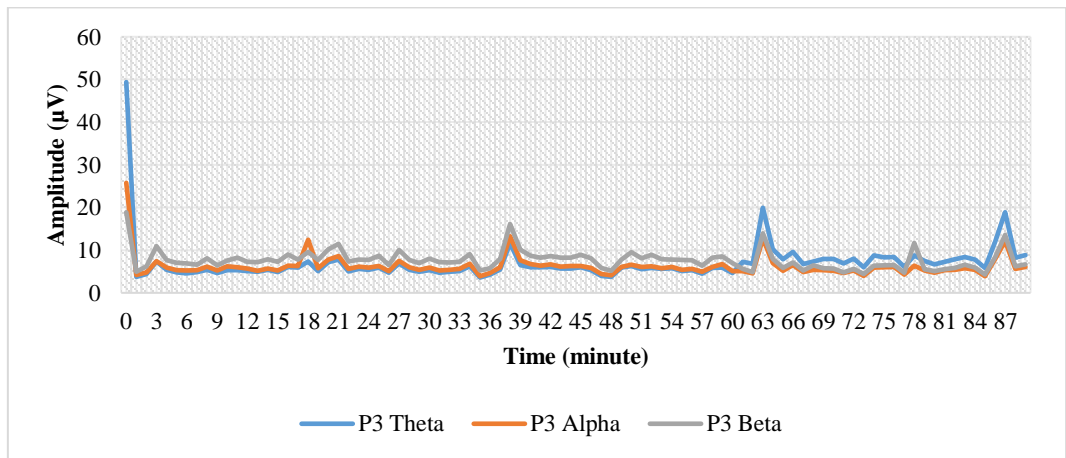


Alpha (8-13 Hz)



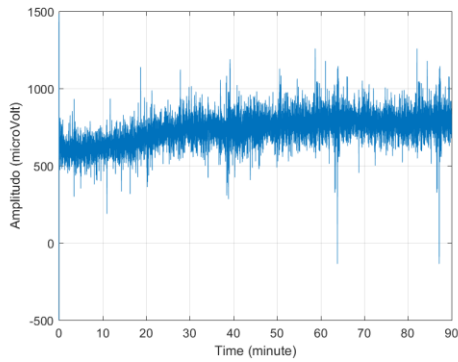
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

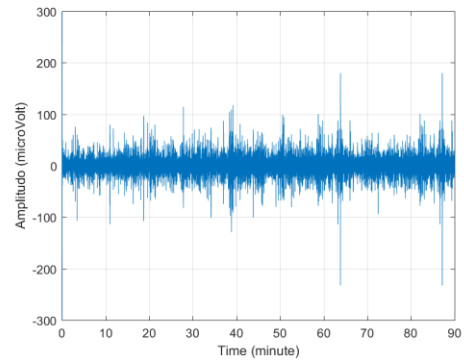


4. P4 channel

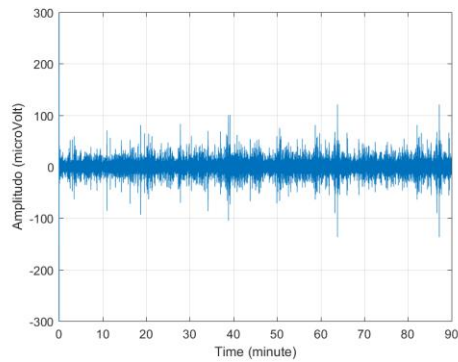
a. EEG Signal



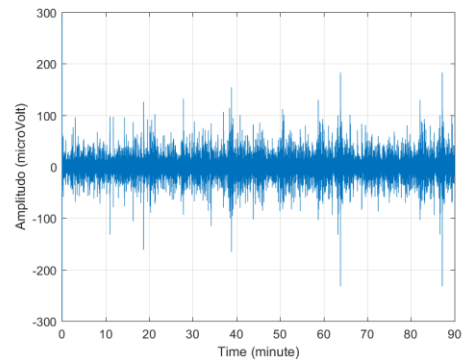
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

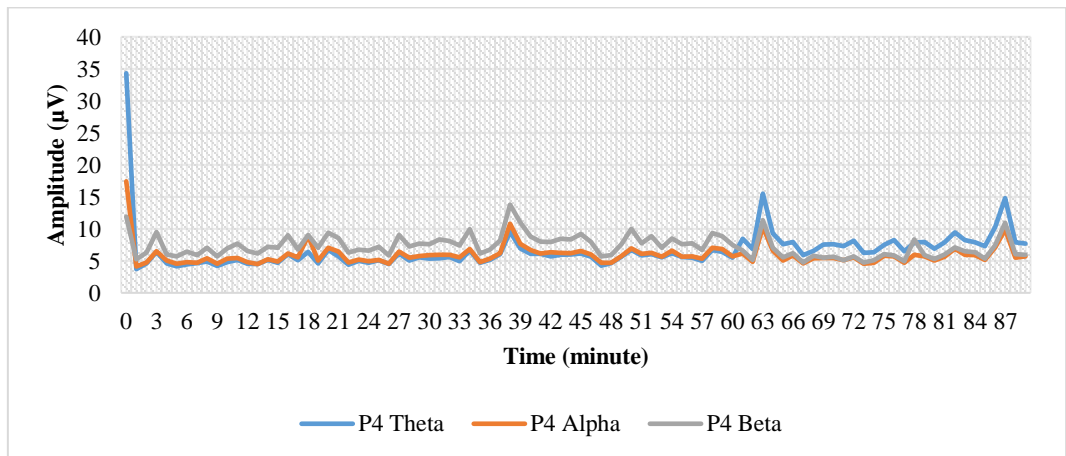


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

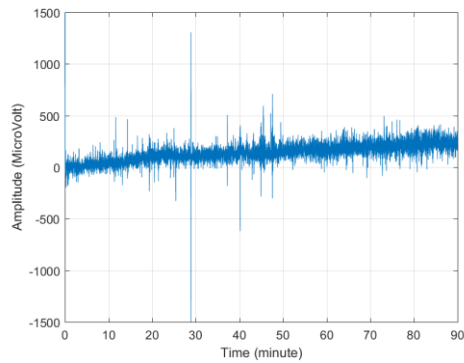


APPENDICES 4

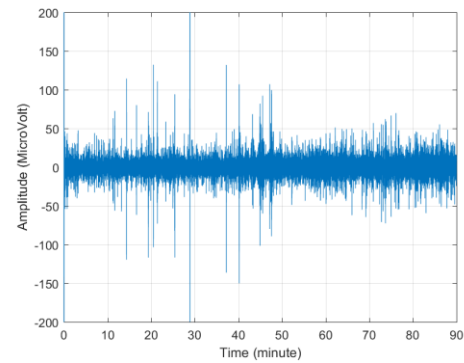
AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 4]

1. F3 channel

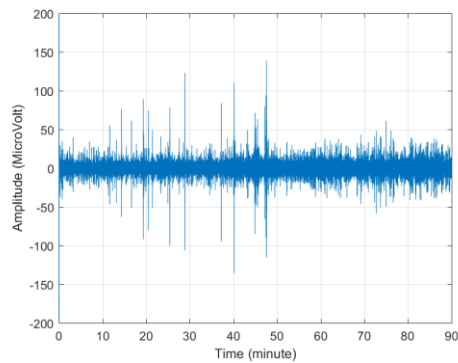
a. EEG Signal



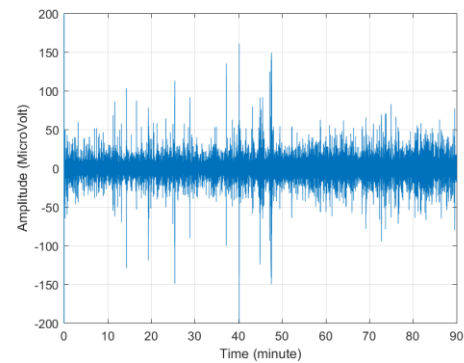
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

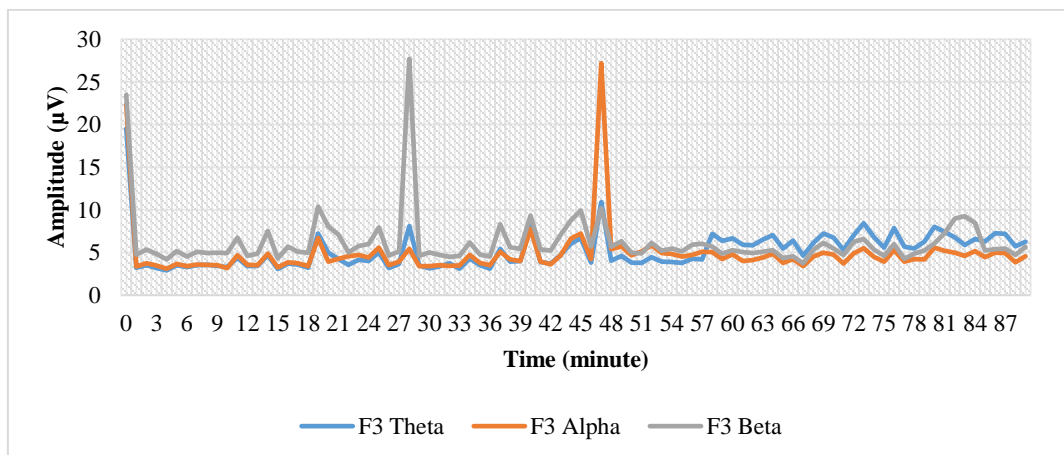


Alpha (8-13 Hz)



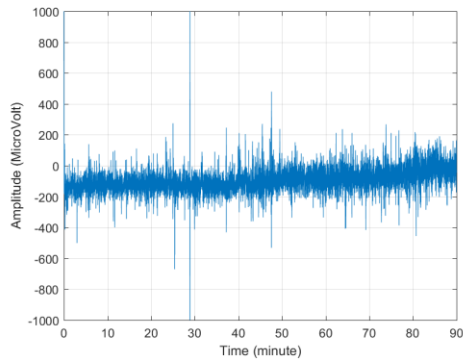
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

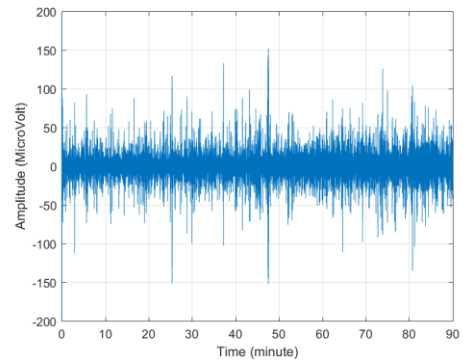


2. F4 channel

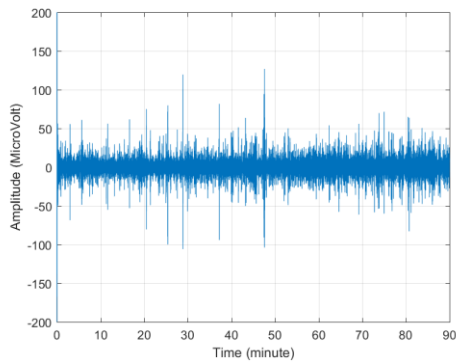
a. EEG Signal



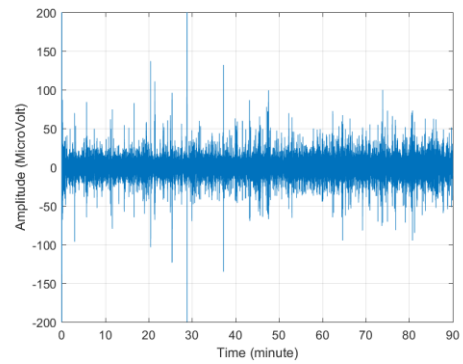
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

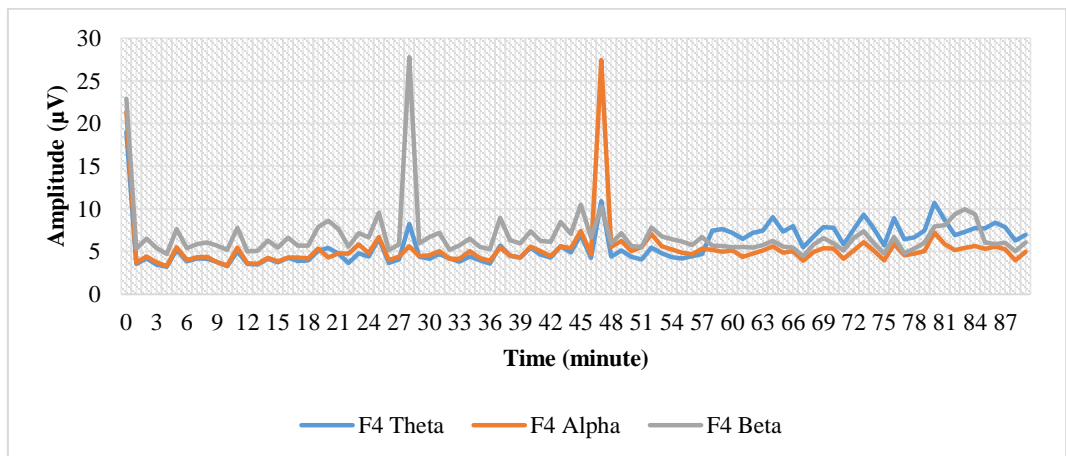


Alpha (8-13 Hz)



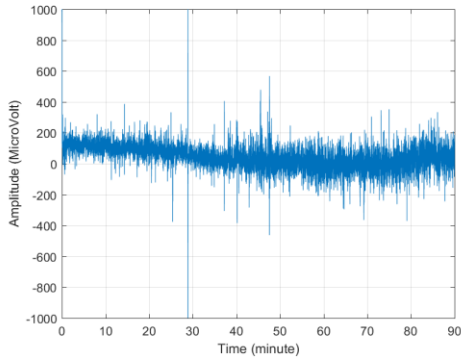
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

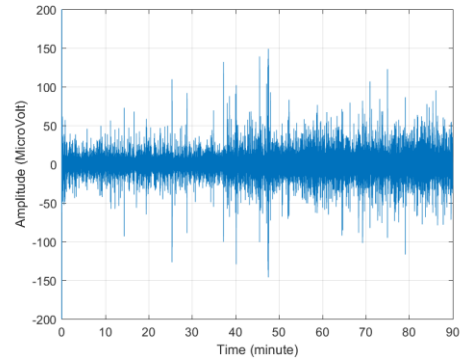


3. P3 channel

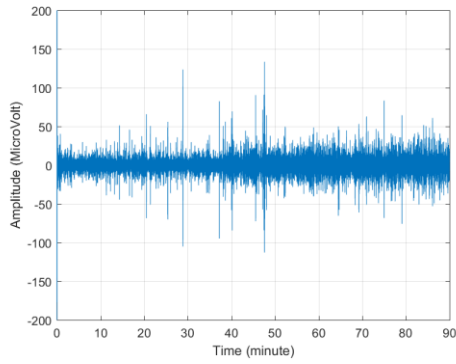
a. EEG Signal



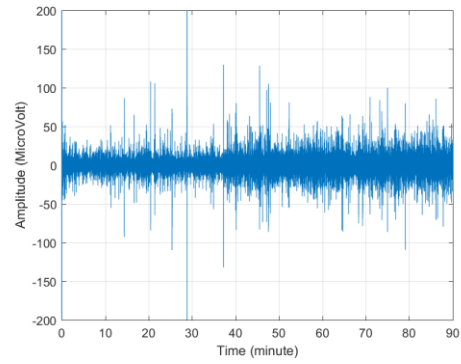
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

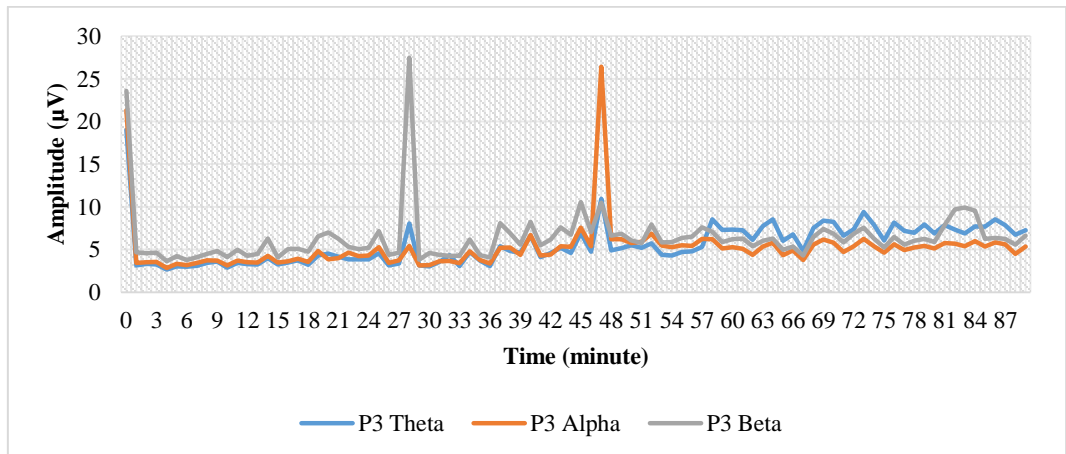


Alpha (8-13 Hz)



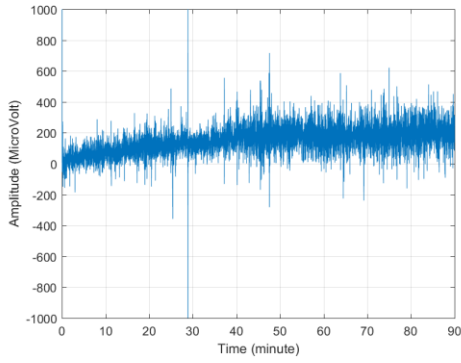
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

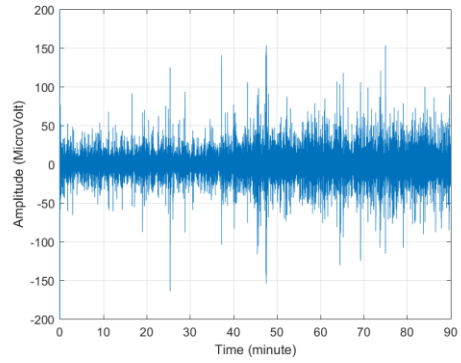


4. P4 channel

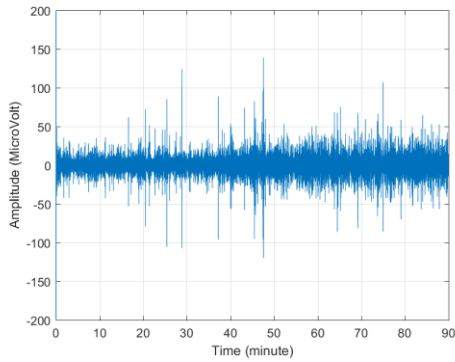
a. EEG Signal



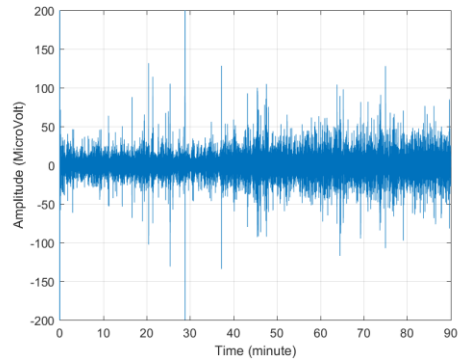
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

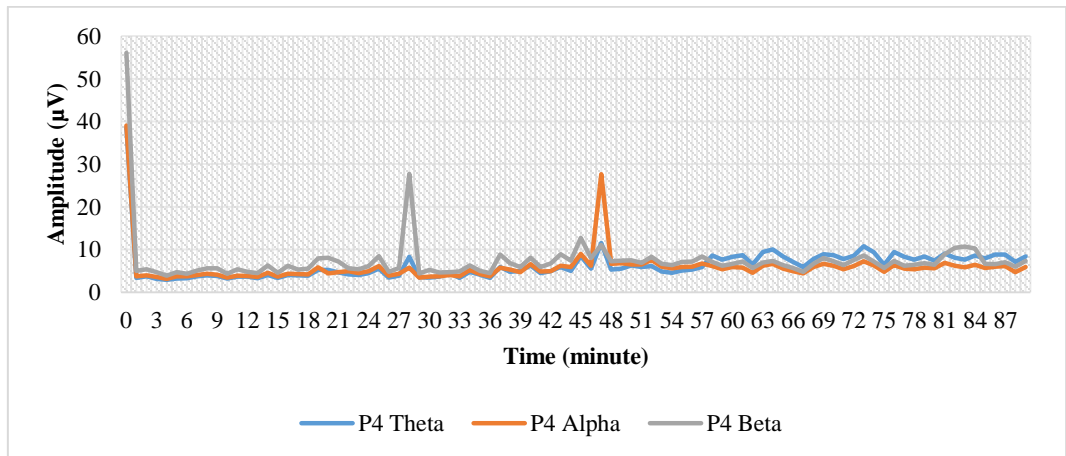


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

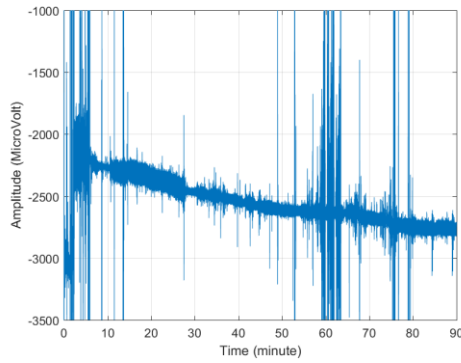
b. RMS calculation



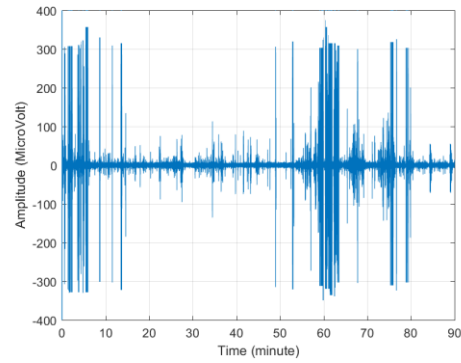
APPENDICES 5
AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 1]

1. F3 channel

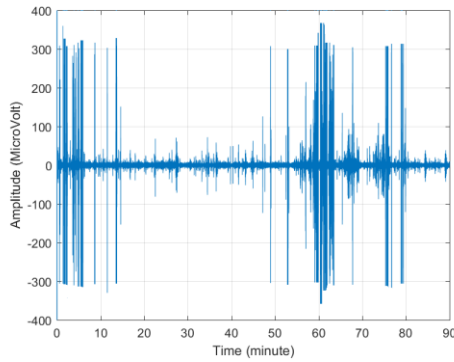
a. EEG Signal



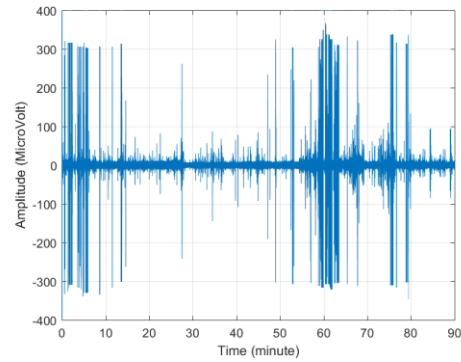
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

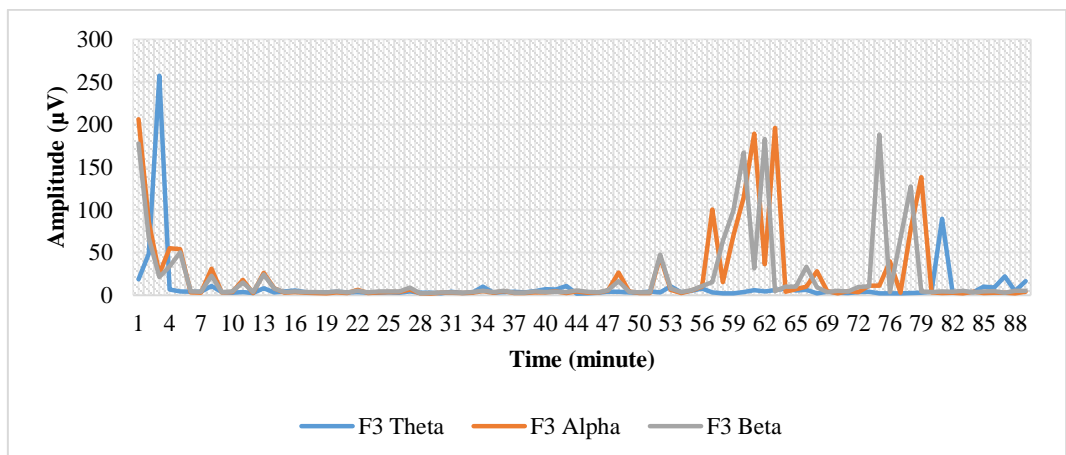


Alpha (8-13 Hz)



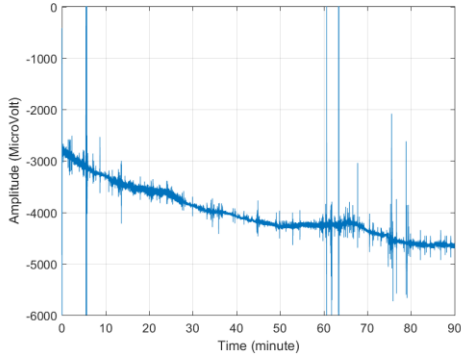
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

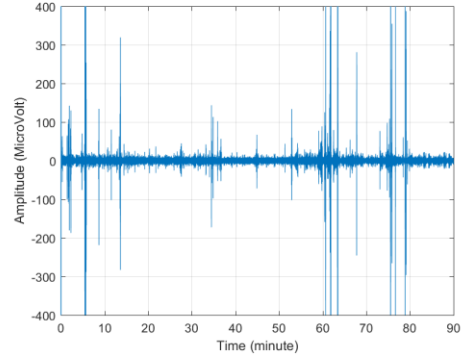


2. F4 channel

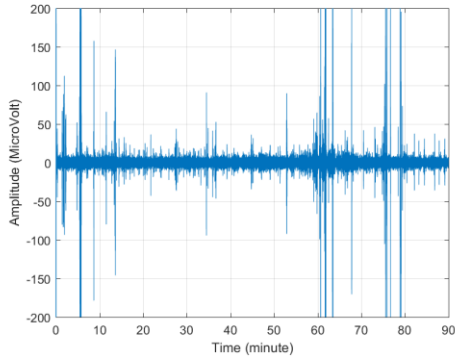
a. EEG Signal



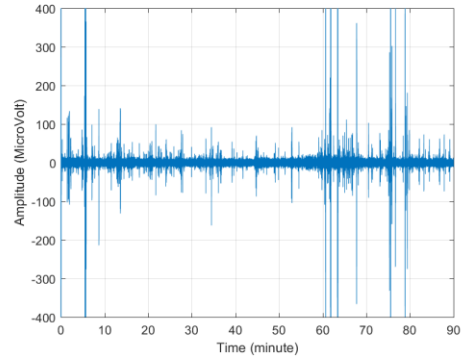
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

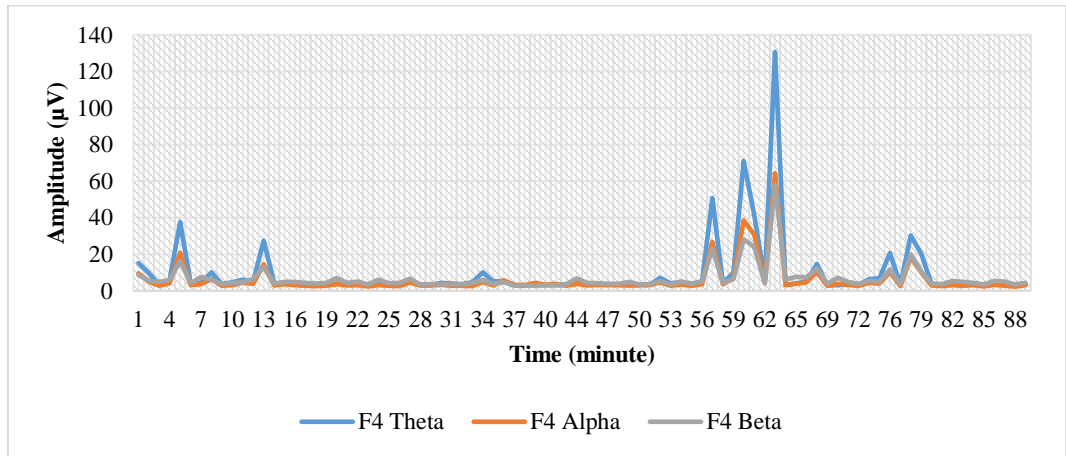


Alpha (8-13 Hz)



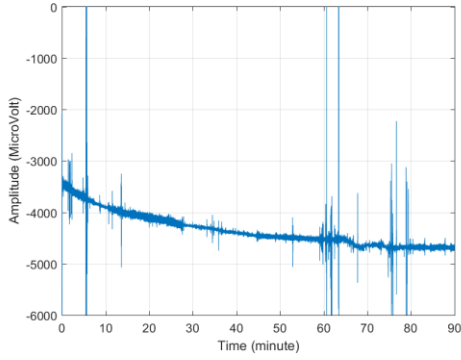
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

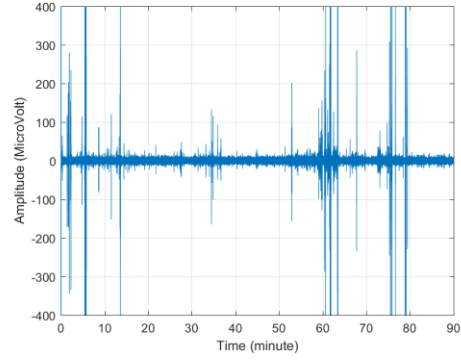


3. P3 channel

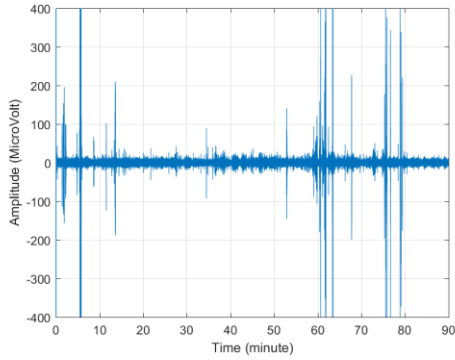
a. EEG Signal



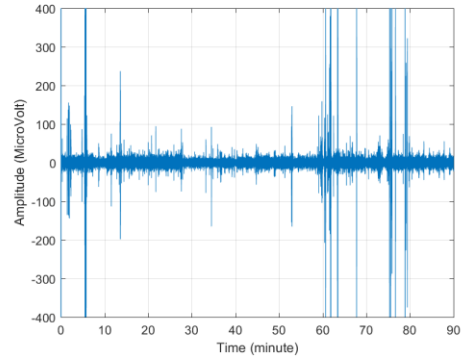
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

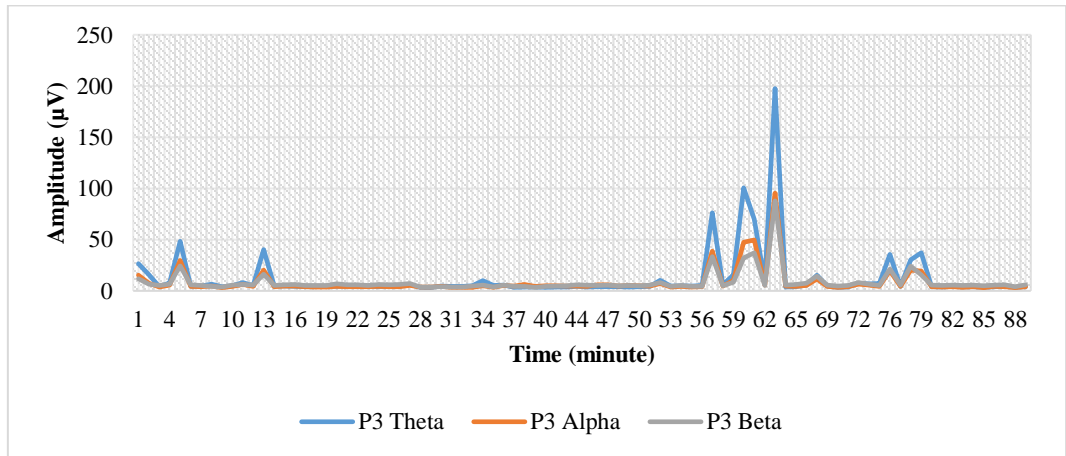


Alpha (8-13 Hz)



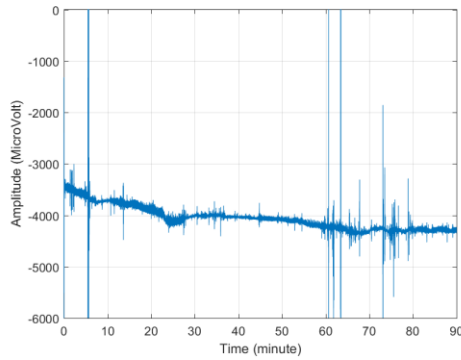
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

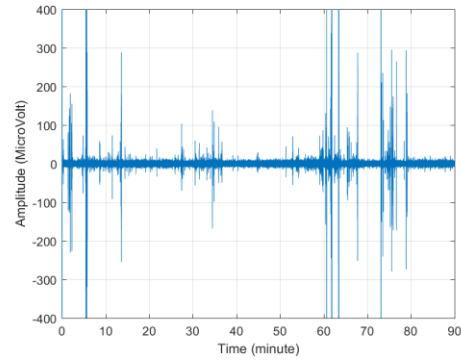


4. P4 channel

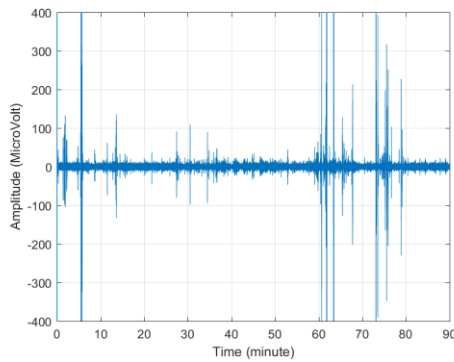
a. EEG Signal



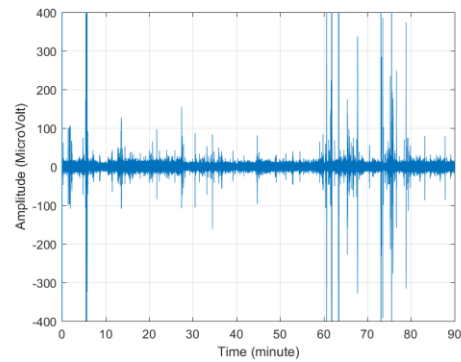
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

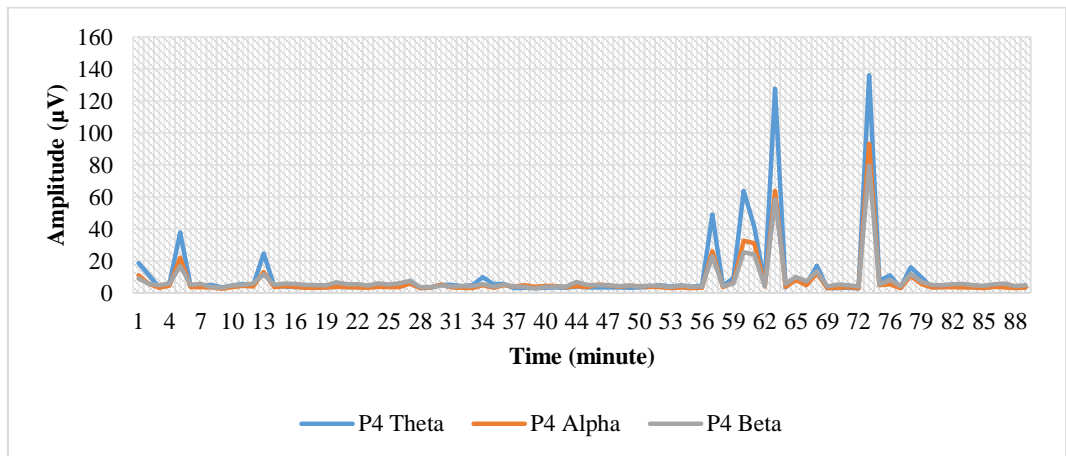


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

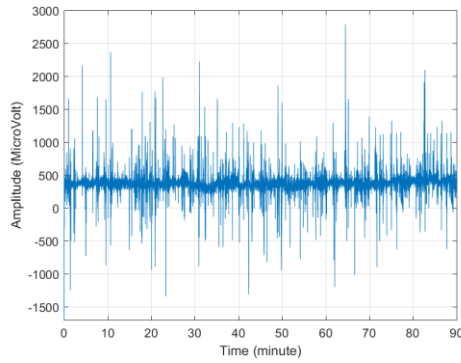
b. RMS calculation



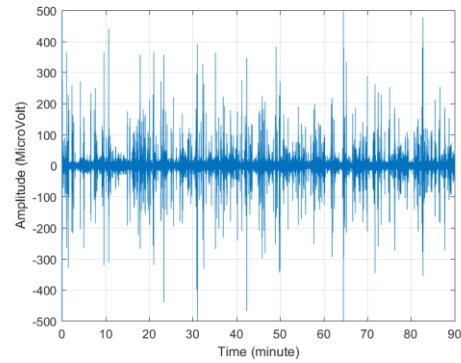
APPENDICES 6
AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 2]

1. F3 channel

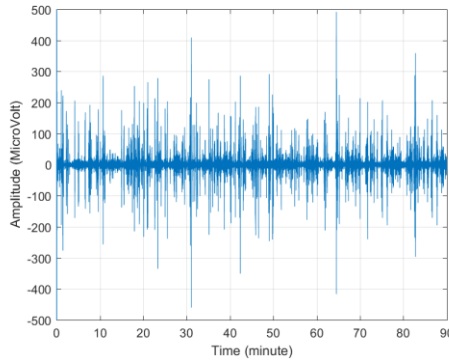
a. EEG Signal



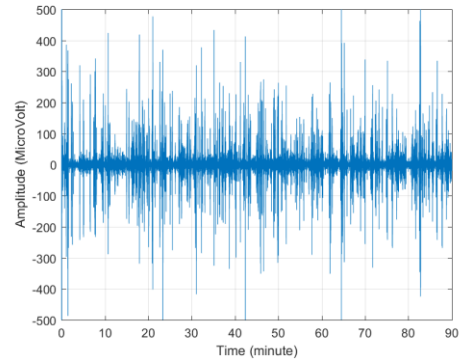
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

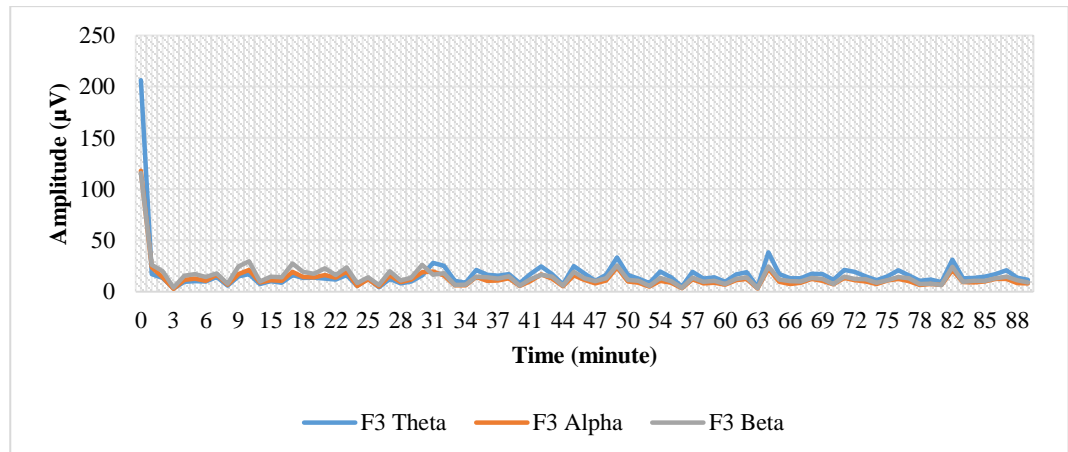


Alpha (8-13 Hz)



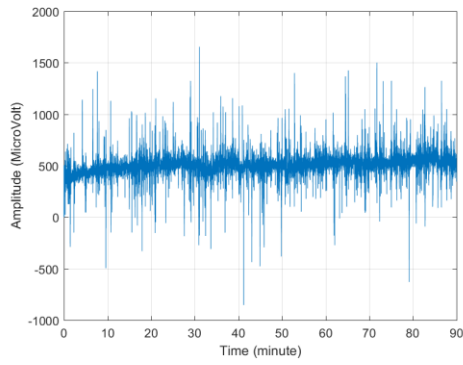
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

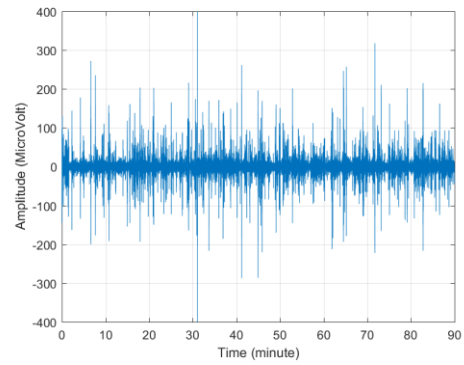


2. F4 channel

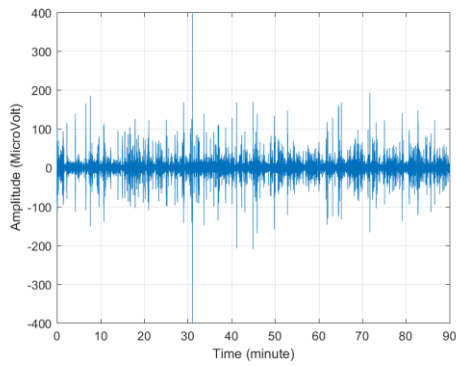
a. EEG Signal



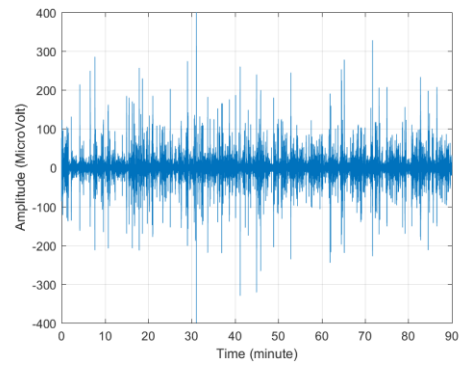
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

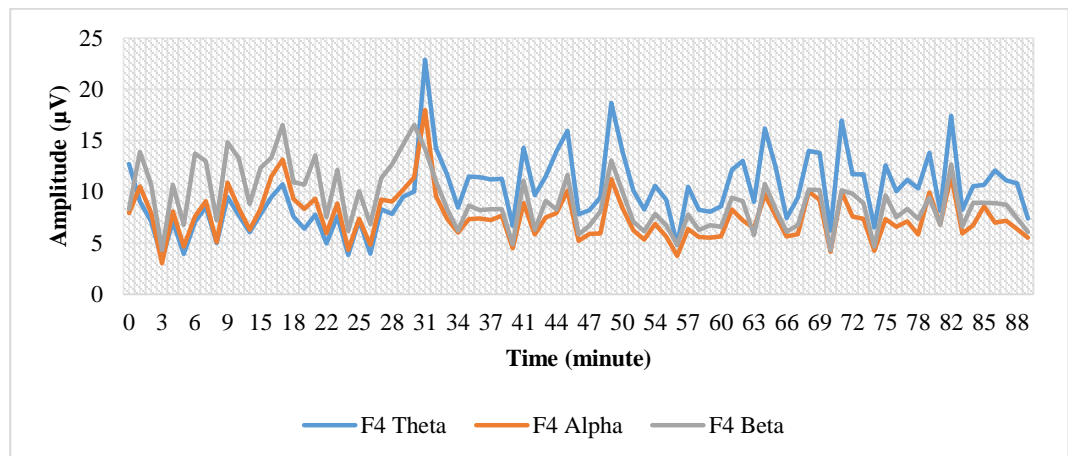


Alpha (8-13 Hz)



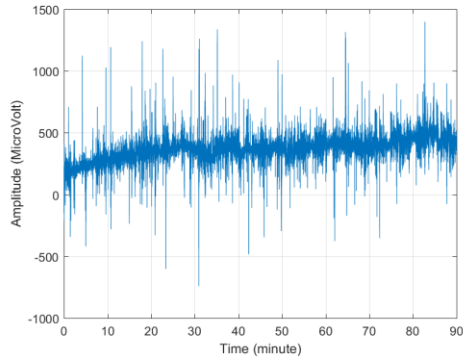
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

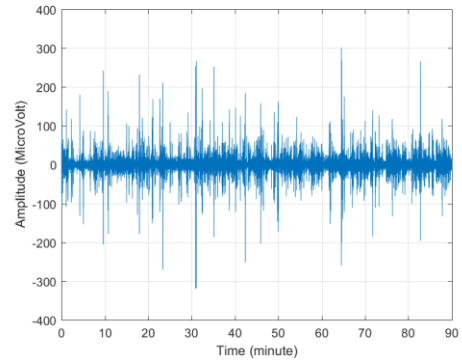


3. P3 channel

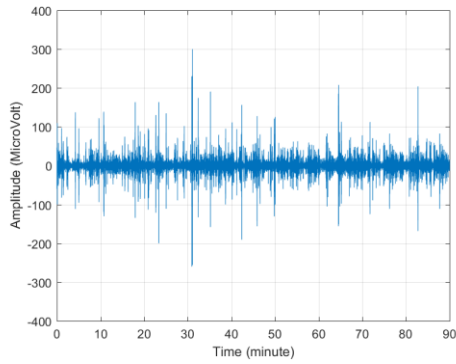
a. EEG Signal



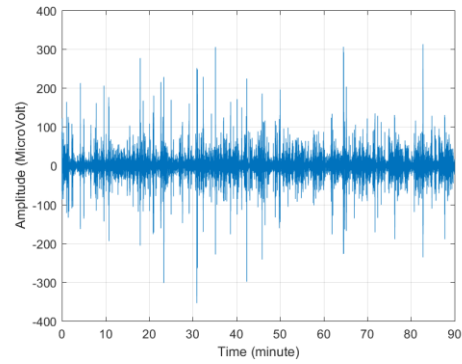
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

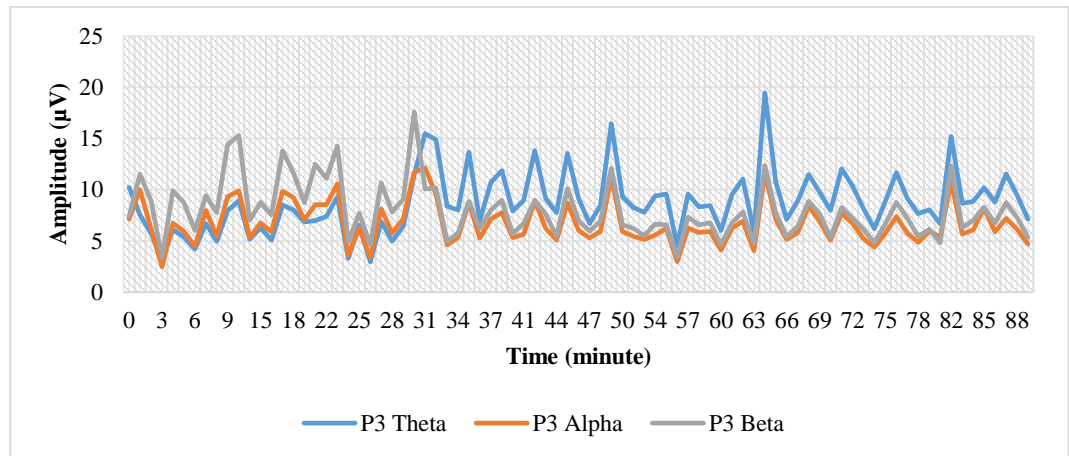


Alpha (8-13 Hz)



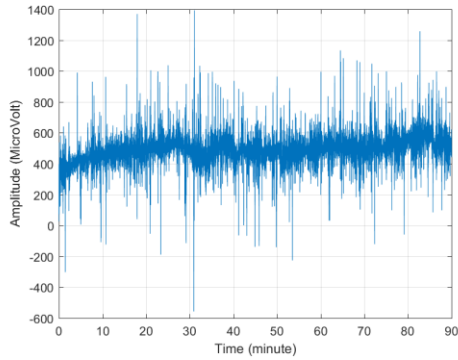
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

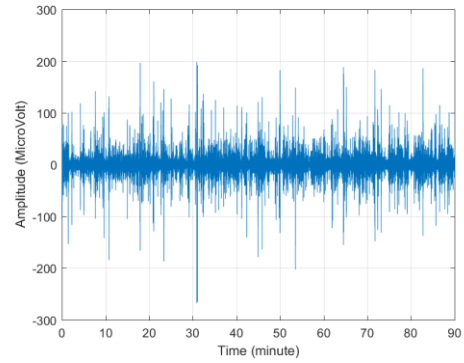


4. P4 channel

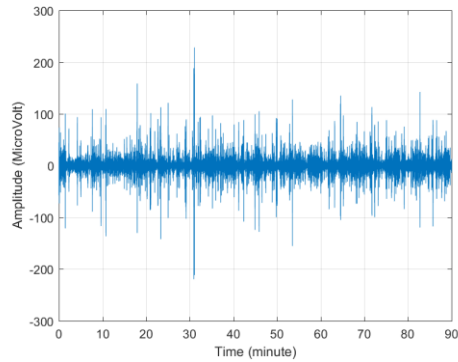
a. EEG Signal



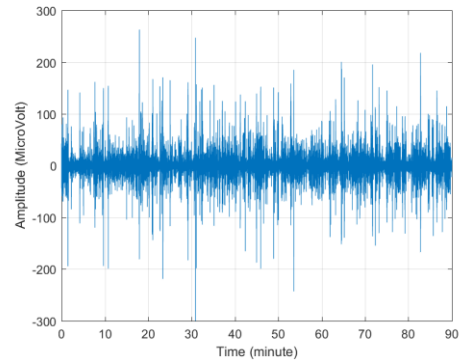
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

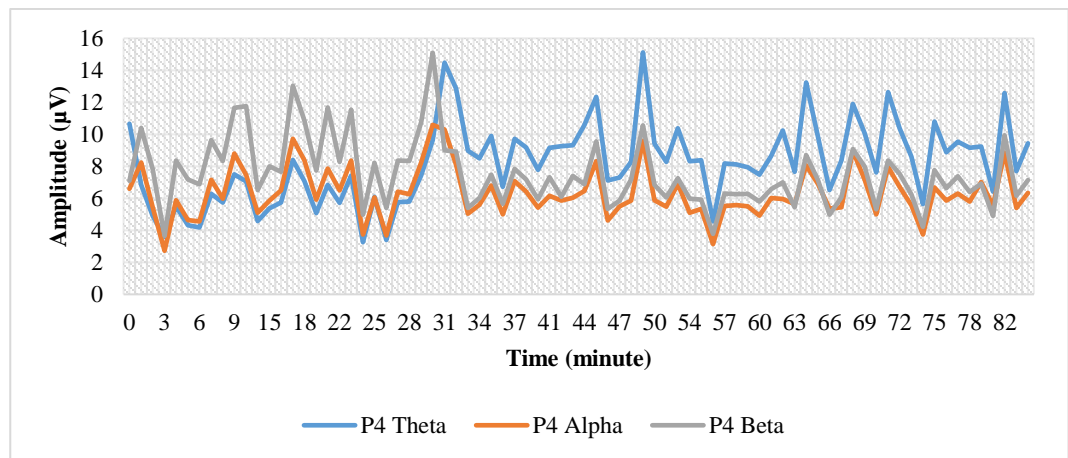


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

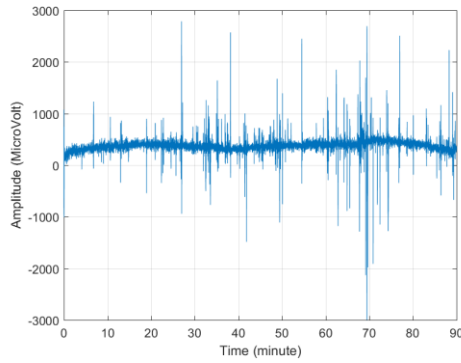
b. RMS calculation



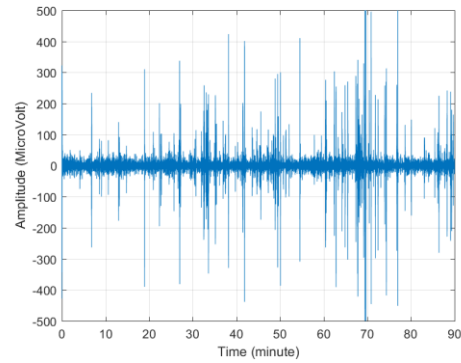
APPENDICES 7
AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 3]

1. F3 channel

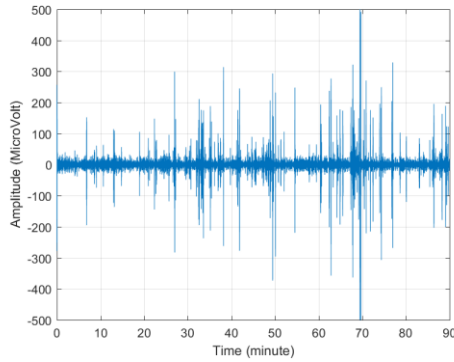
a. EEG Signal



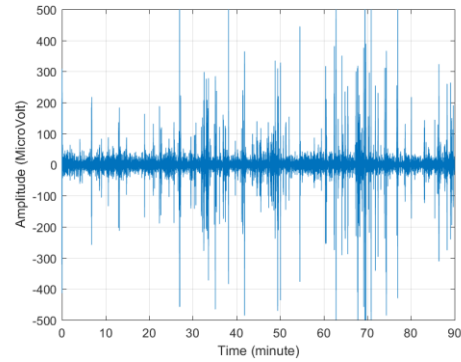
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

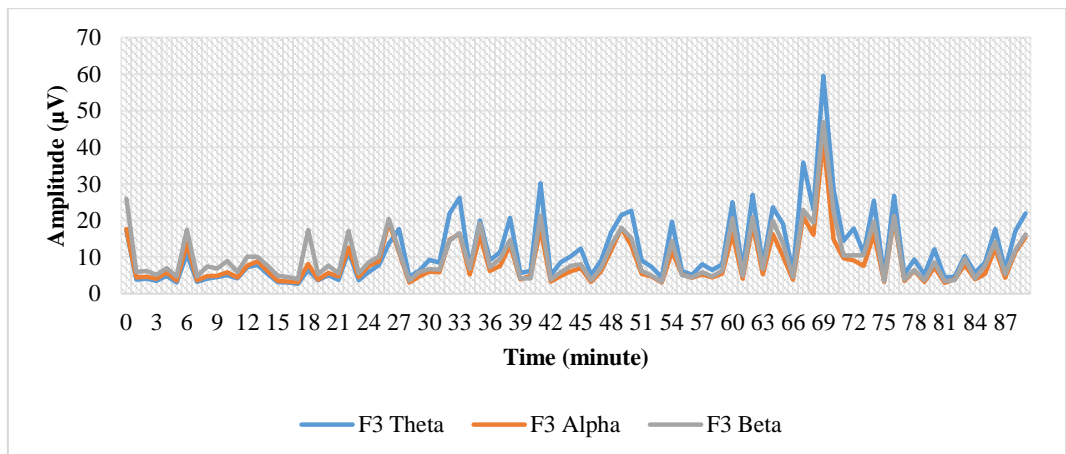


Alpha (8-13 Hz)



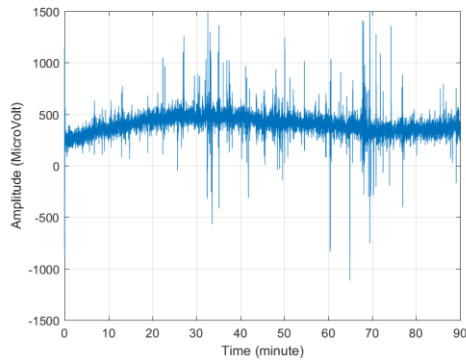
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

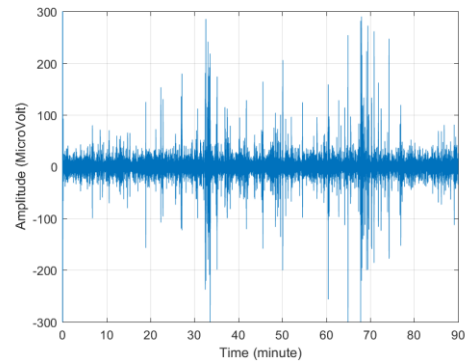


2. F4 channel

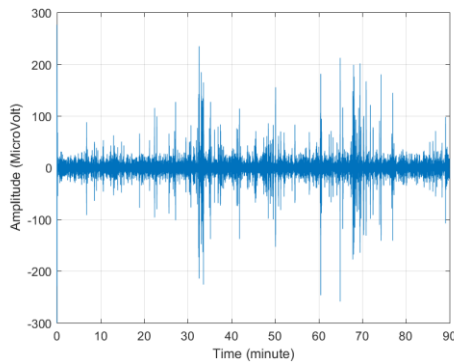
a. EEG Signal



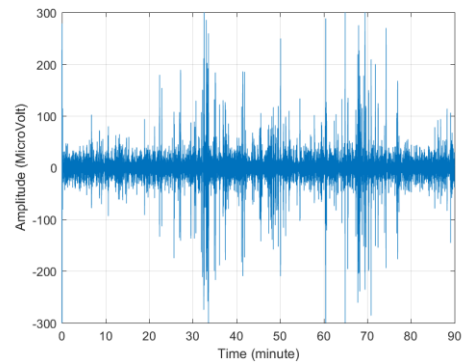
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

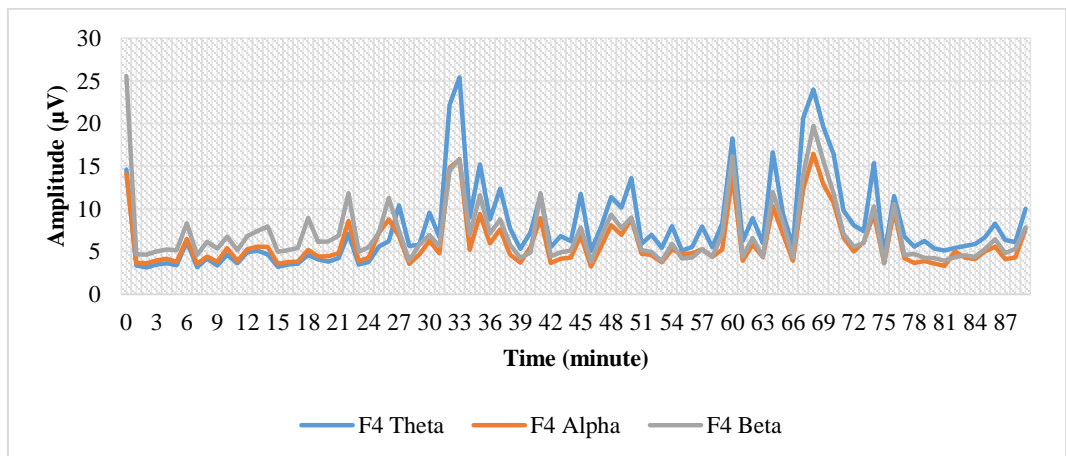


Alpha (8-13 Hz)



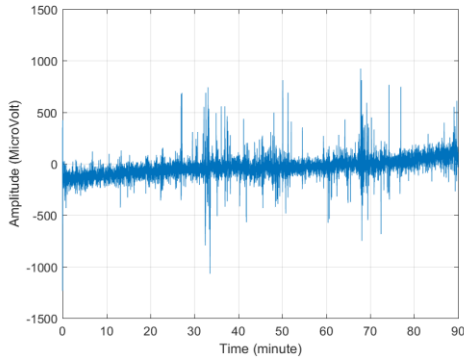
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

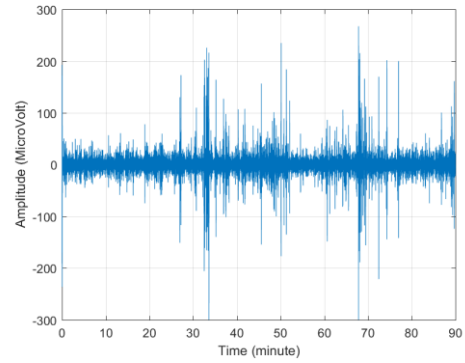


3. P3 channel

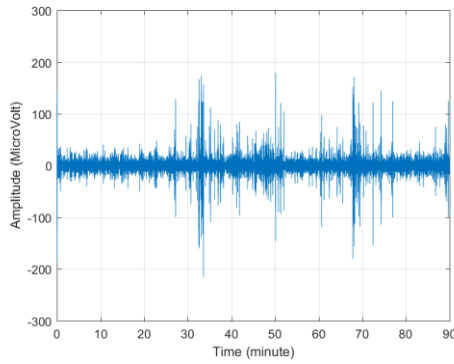
a. EEG Signal



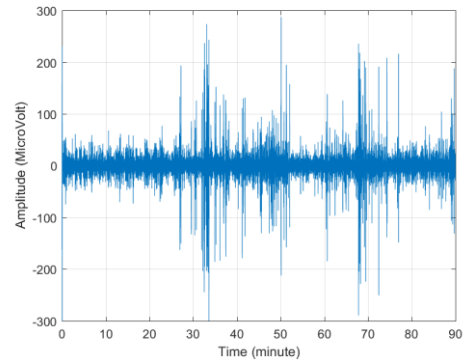
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

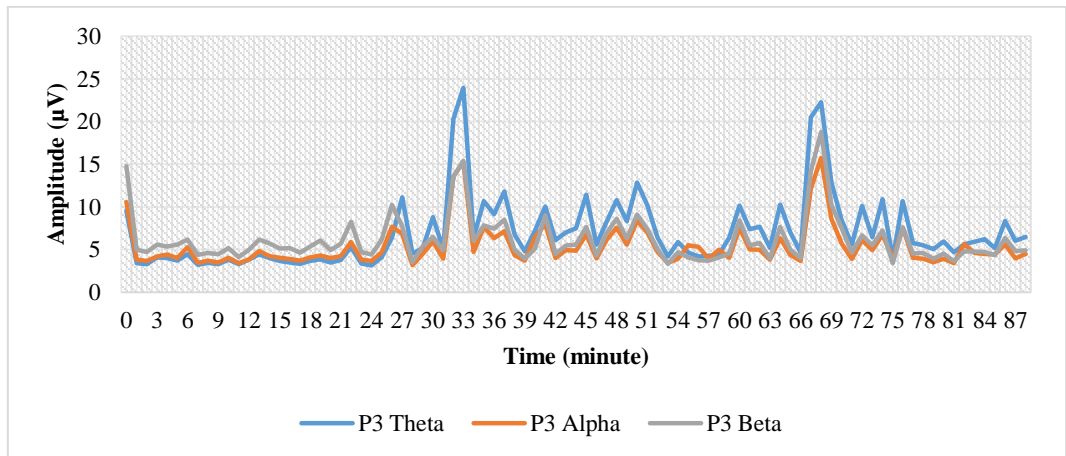


Alpha (8-13 Hz)



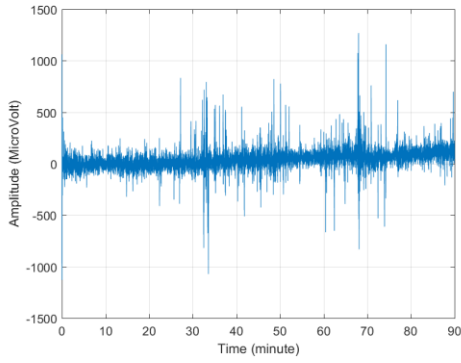
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

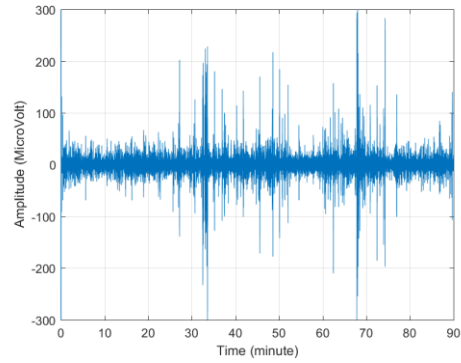


4. P4 channel

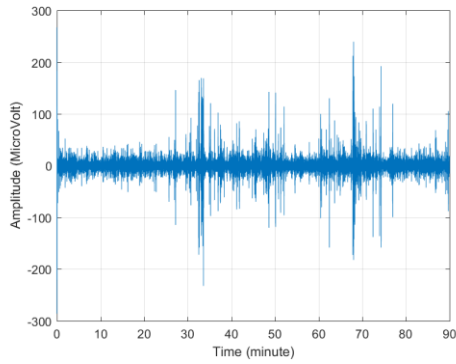
a. EEG Signal



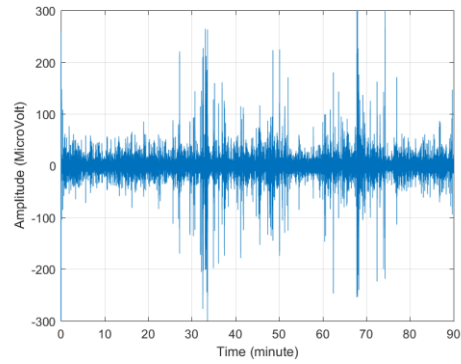
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

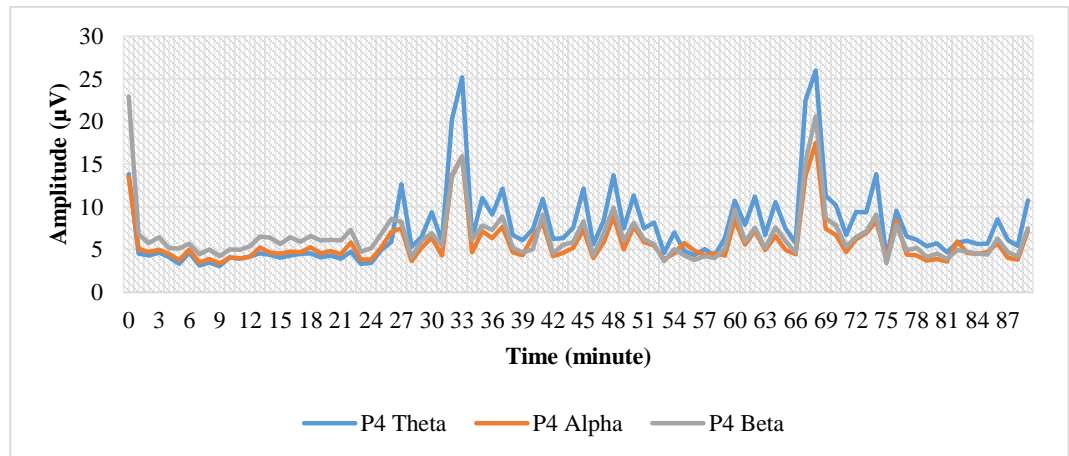


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

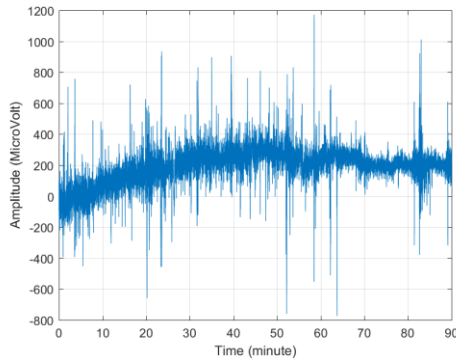


APPENDICES 8

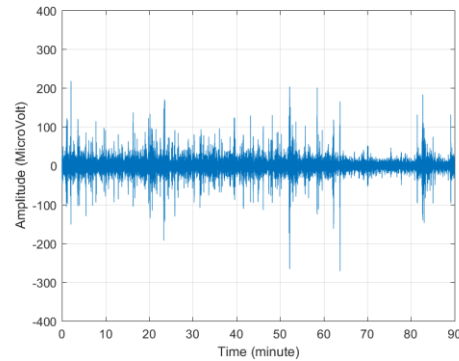
AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 4]

1. F3 channel

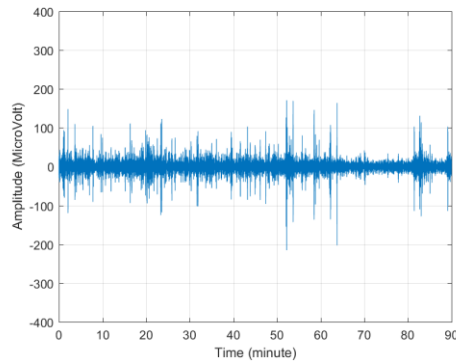
a. EEG Signal



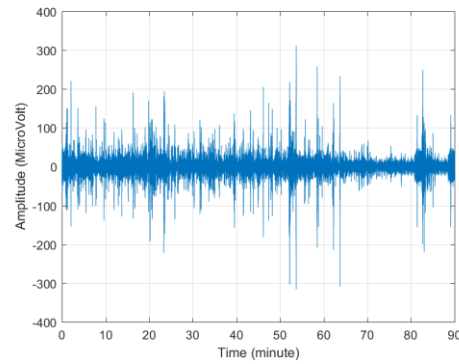
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

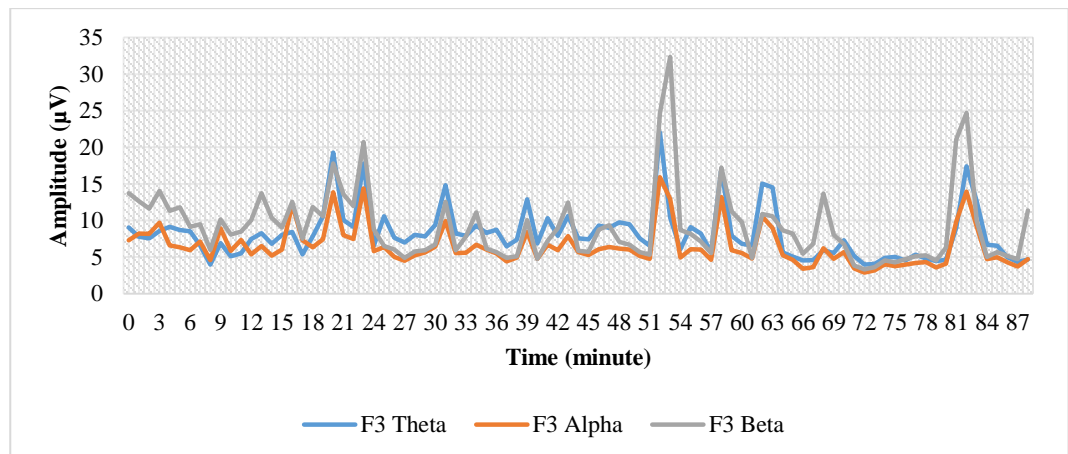


Alpha (8-13 Hz)



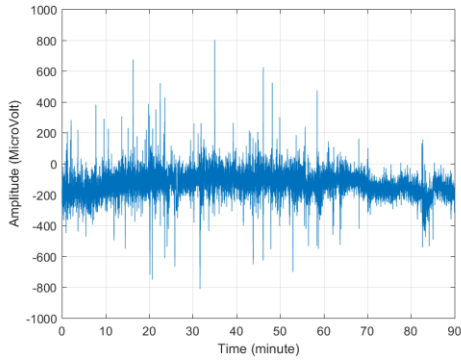
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

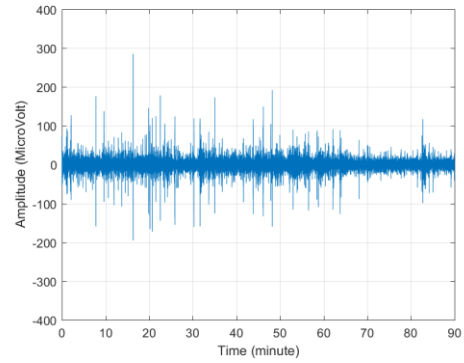


2. F4 channel

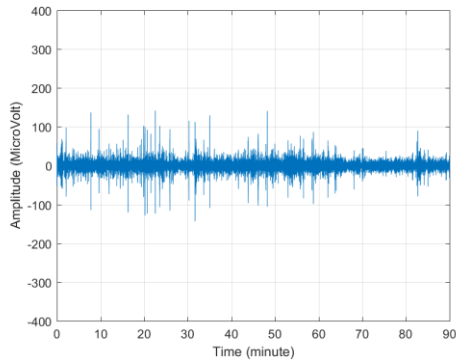
a. EEG Signal



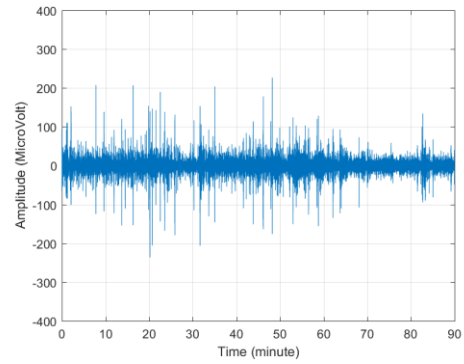
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

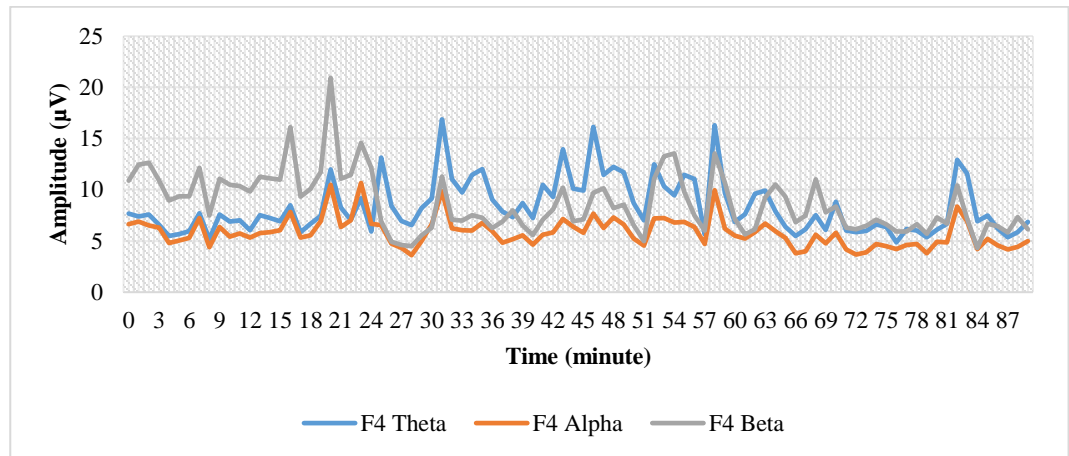


Alpha (8-13 Hz)



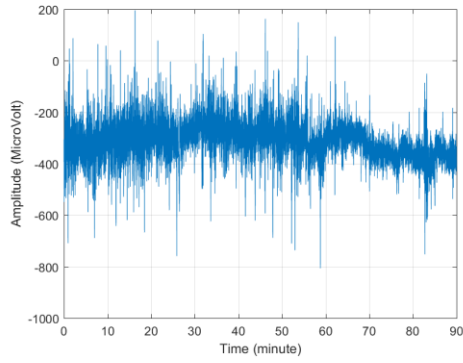
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

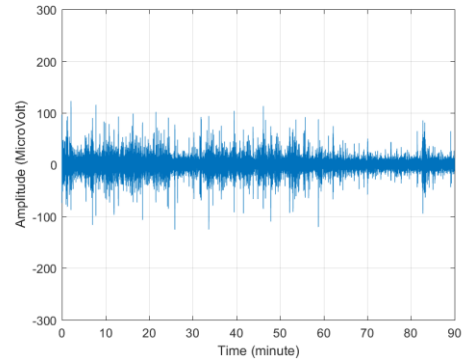


3. P3 channel

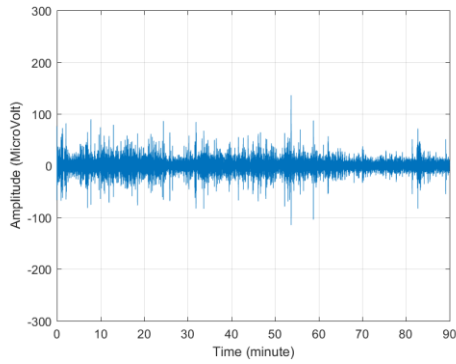
a. EEG Signal



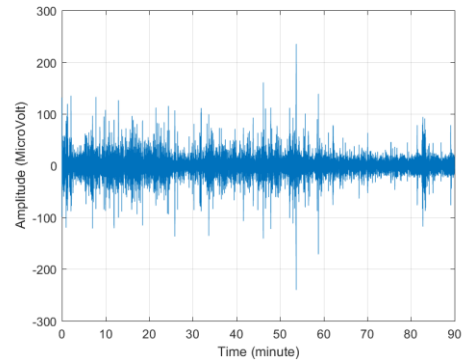
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

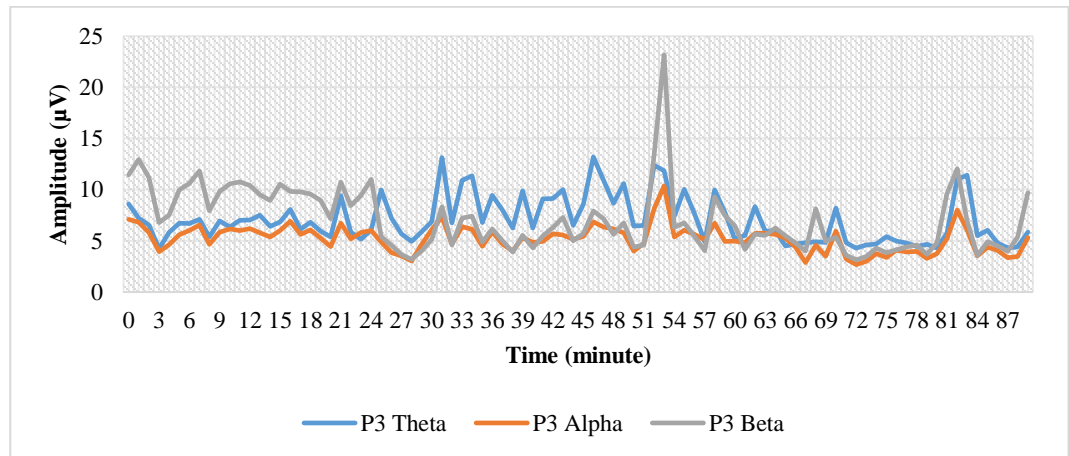


Alpha (8-13 Hz)



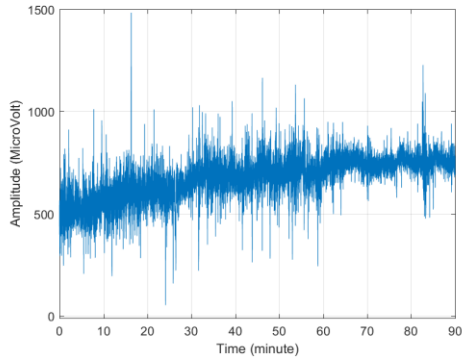
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

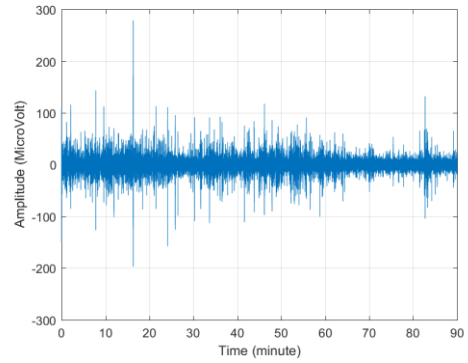


4. P4 channel

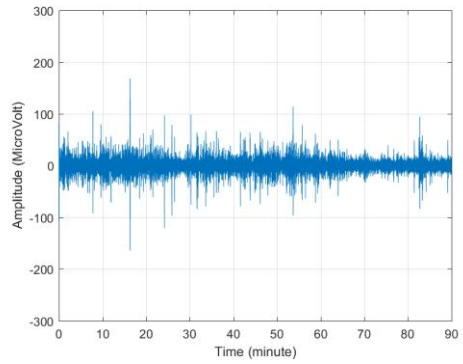
a. EEG Signal



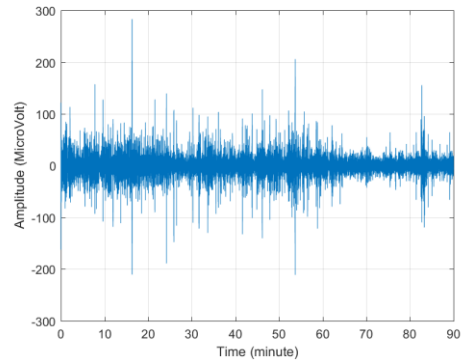
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

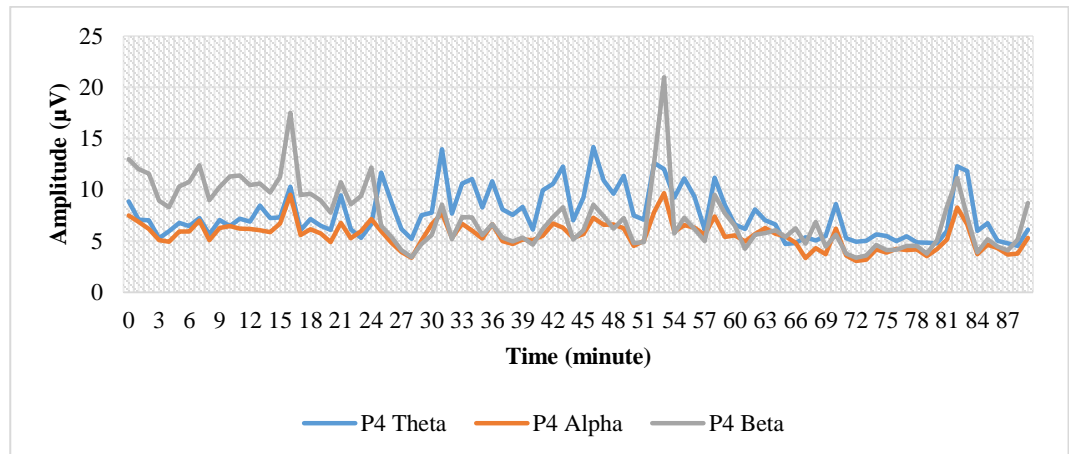


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

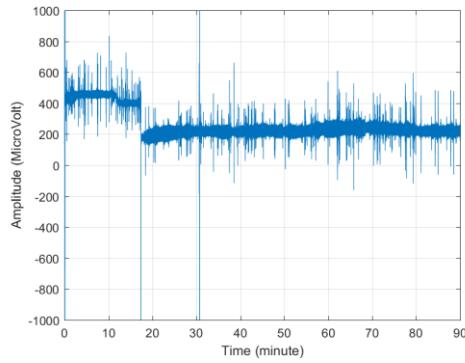


APPENDICES 9

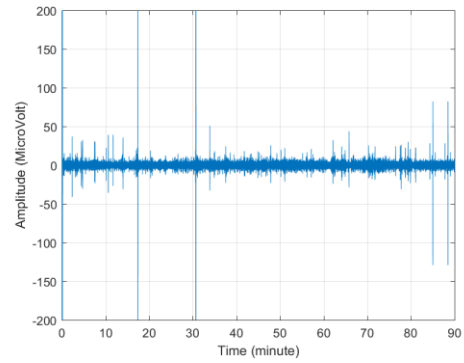
NON-AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 1]

1. F3 channel

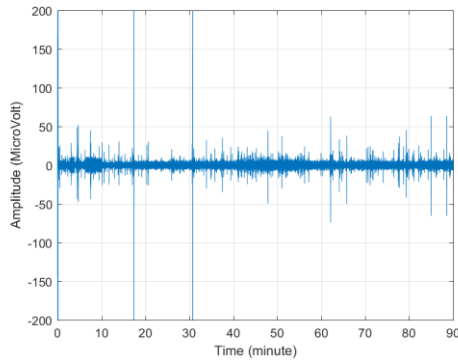
a. EEG Signal



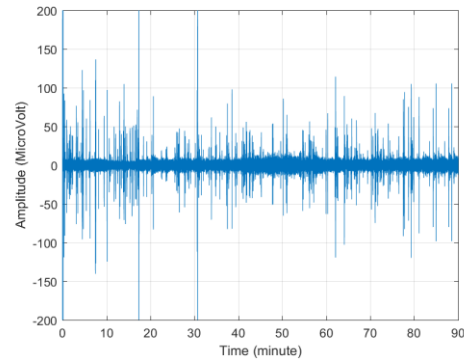
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

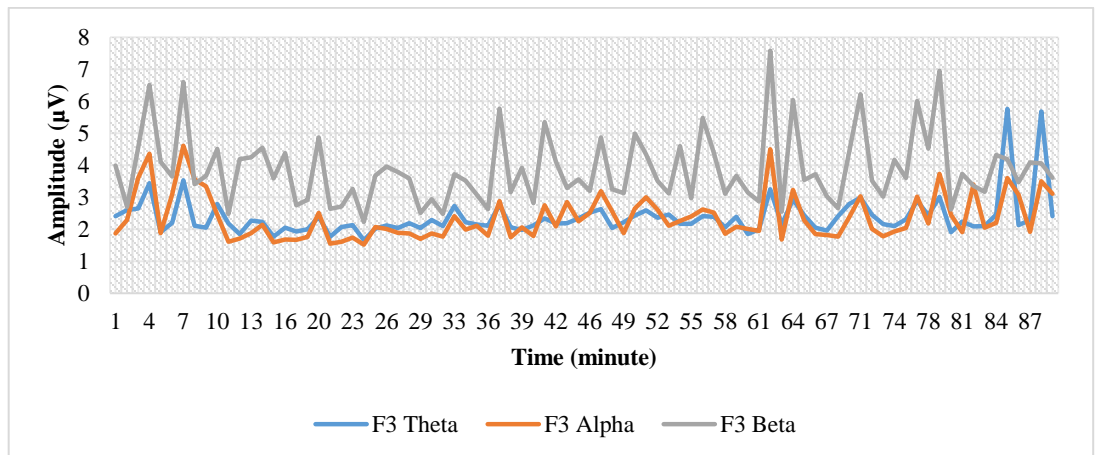


Alpha (8-13 Hz)



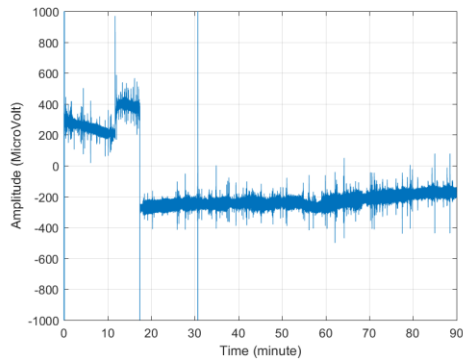
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

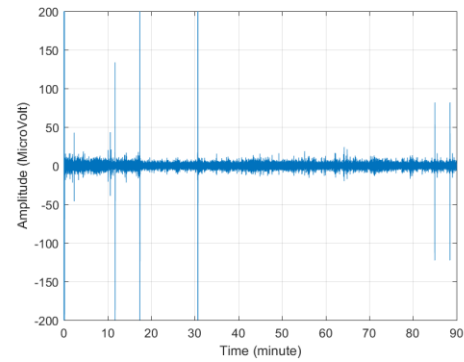


2. F4 channel

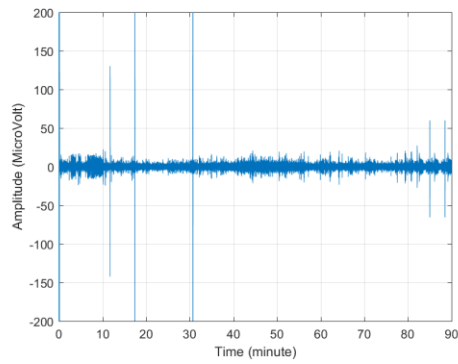
a. EEG Signal



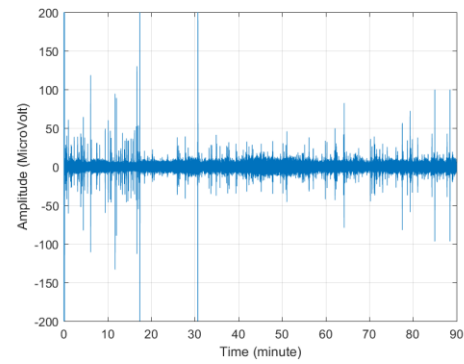
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

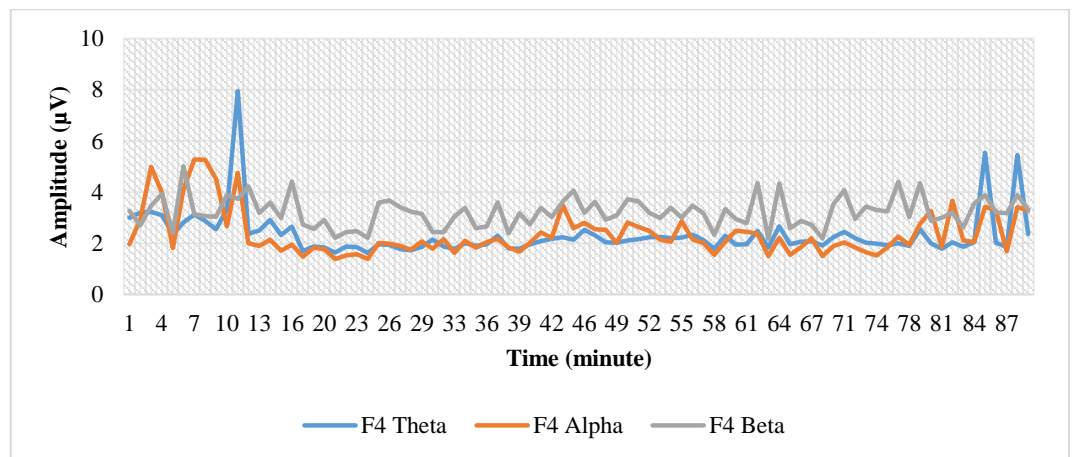


Alpha (8-13 Hz)



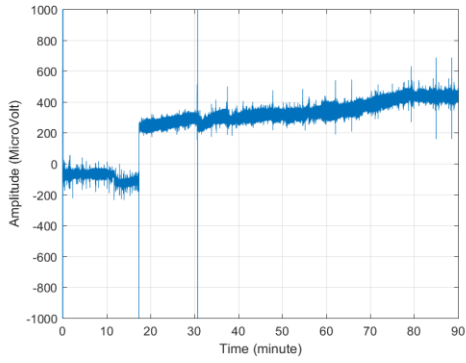
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

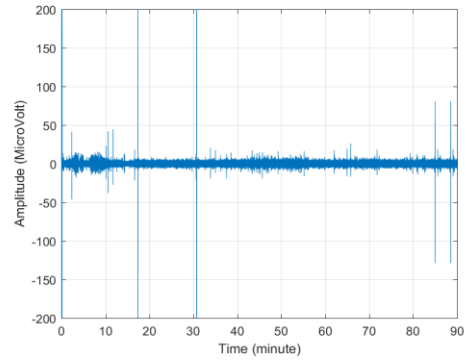


3. P3 channel

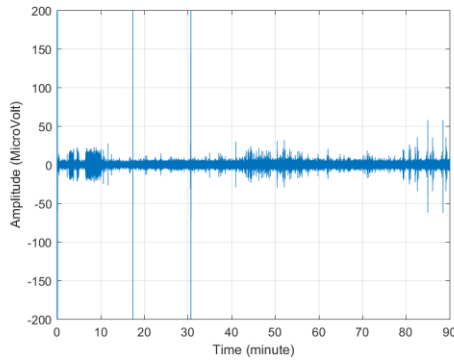
a. EEG Signal



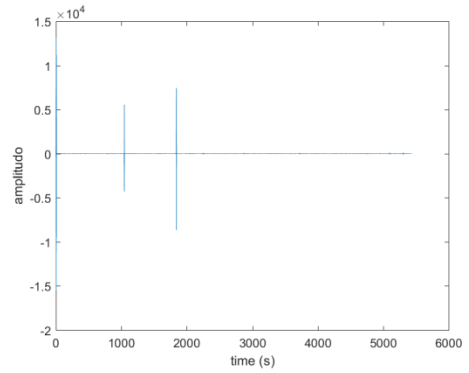
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

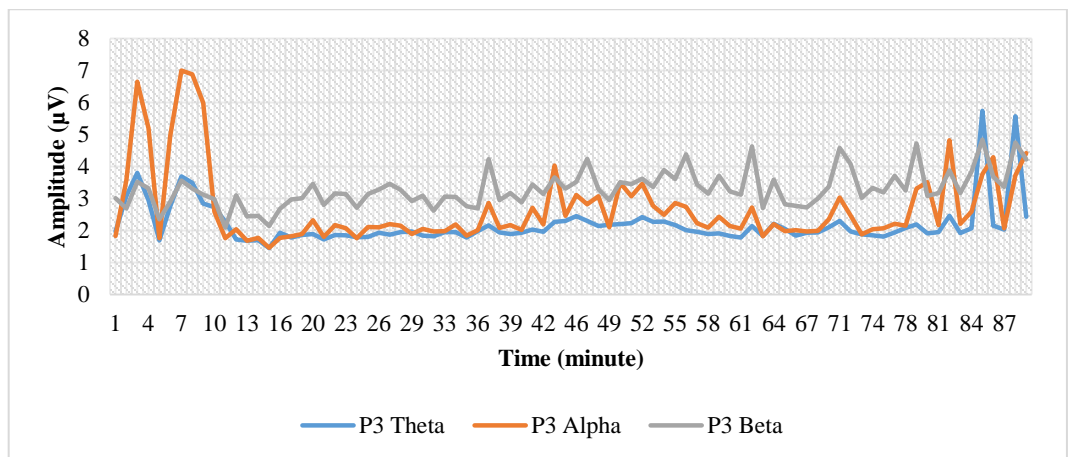


Alpha (8-13 Hz)



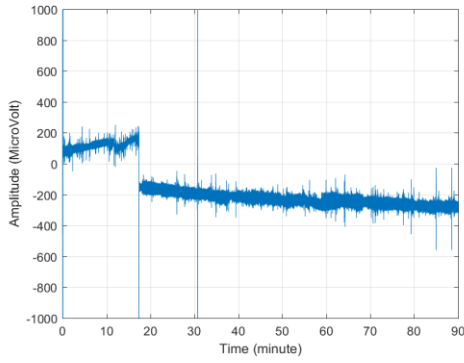
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

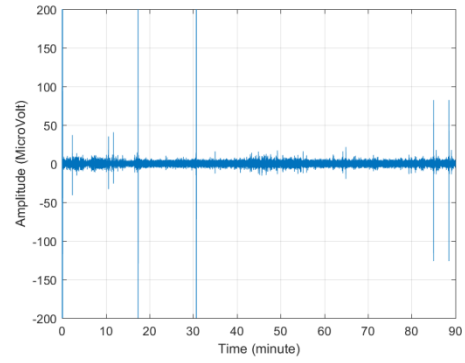


4. P4 channel

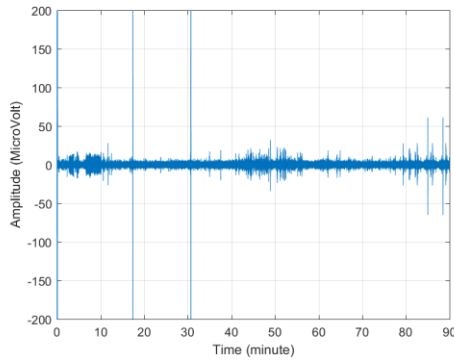
a. EEG Signal



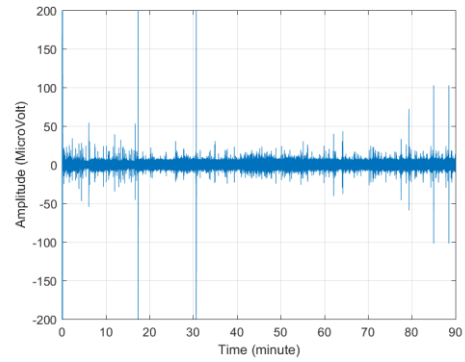
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

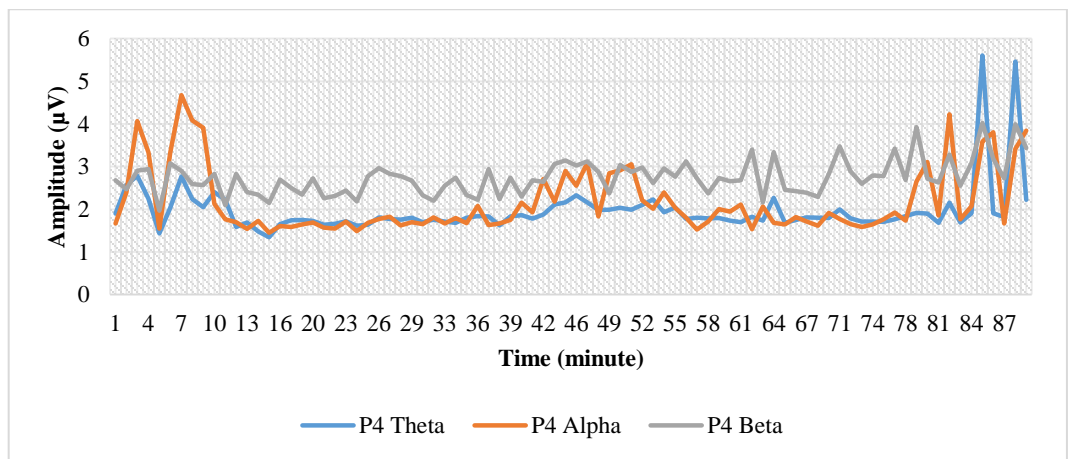


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

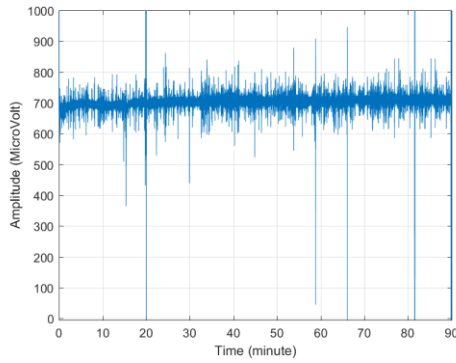


APPENDICES 10

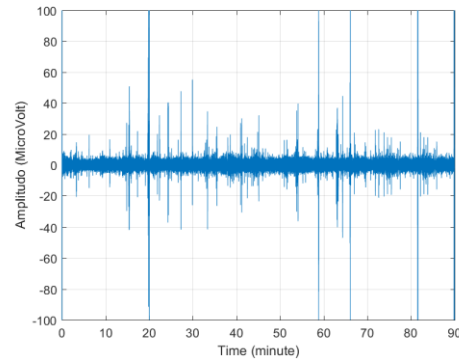
NON-AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 2]

1. F3 channel

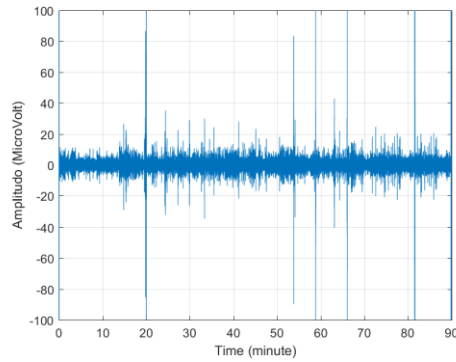
a. EEG Signal



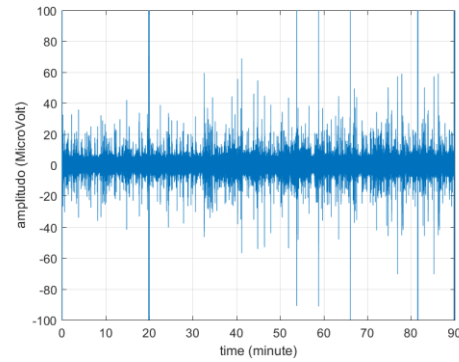
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

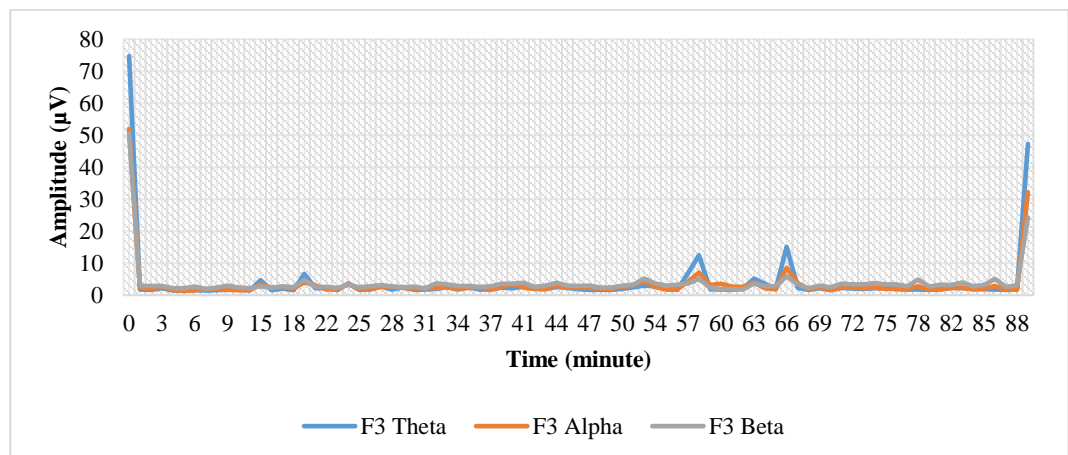


Alpha (8-13 Hz)



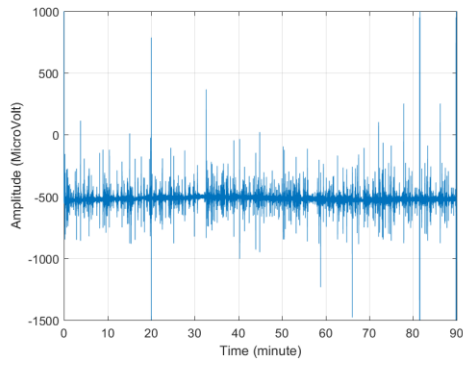
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

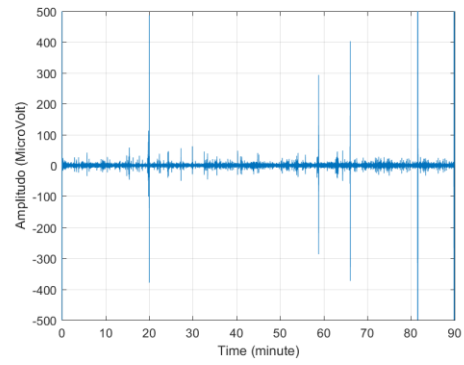


2. F4 channel

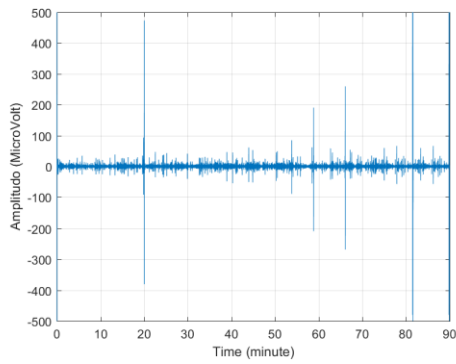
a. EEG Signal



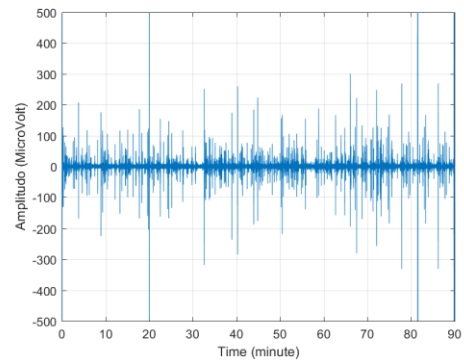
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

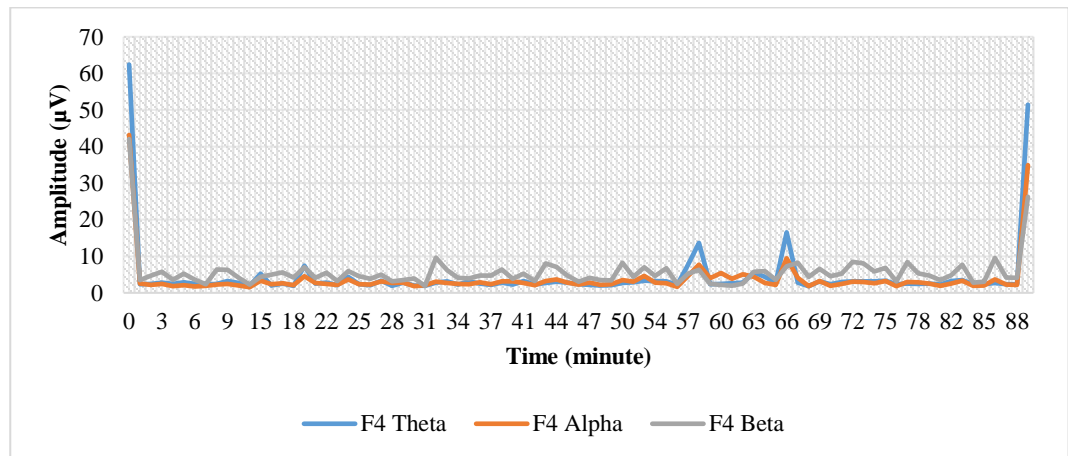


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

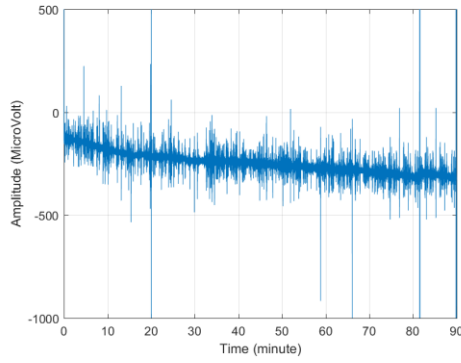
b. RMS calculation



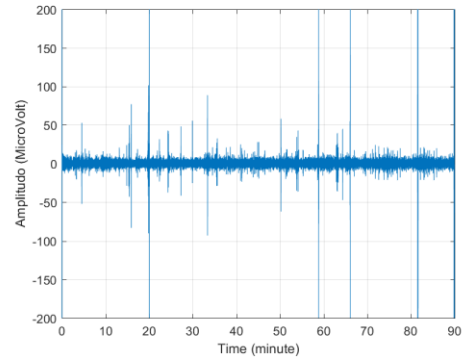
— F4 Theta — F4 Alpha — F4 Beta

3. P3 channel

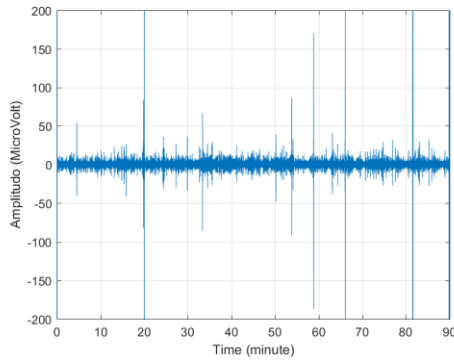
a. EEG Signal



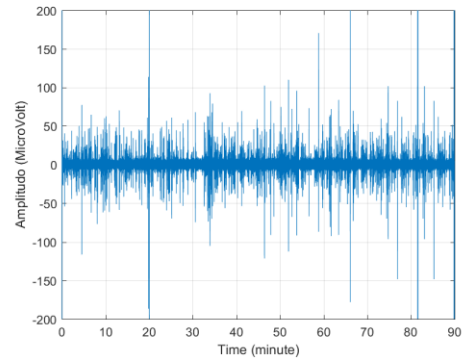
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

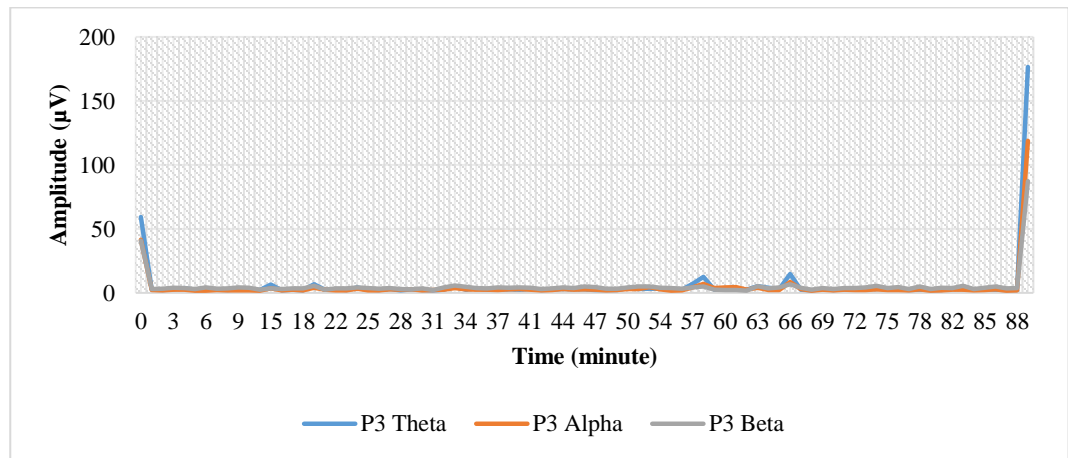


Alpha (8-13 Hz)



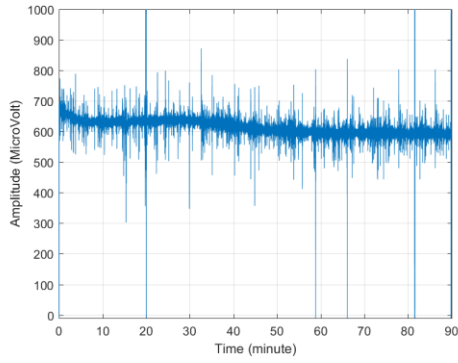
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

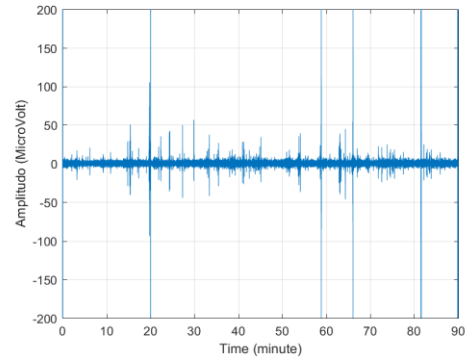


4. P4 channel

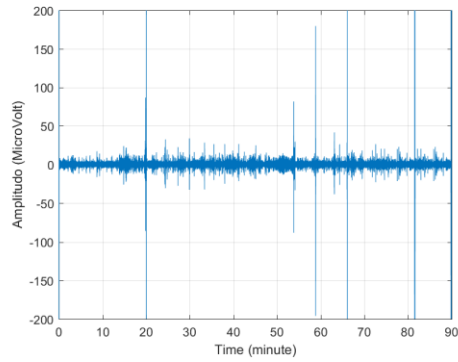
a. EEG Signal



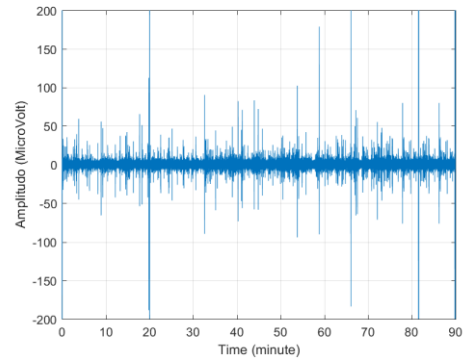
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

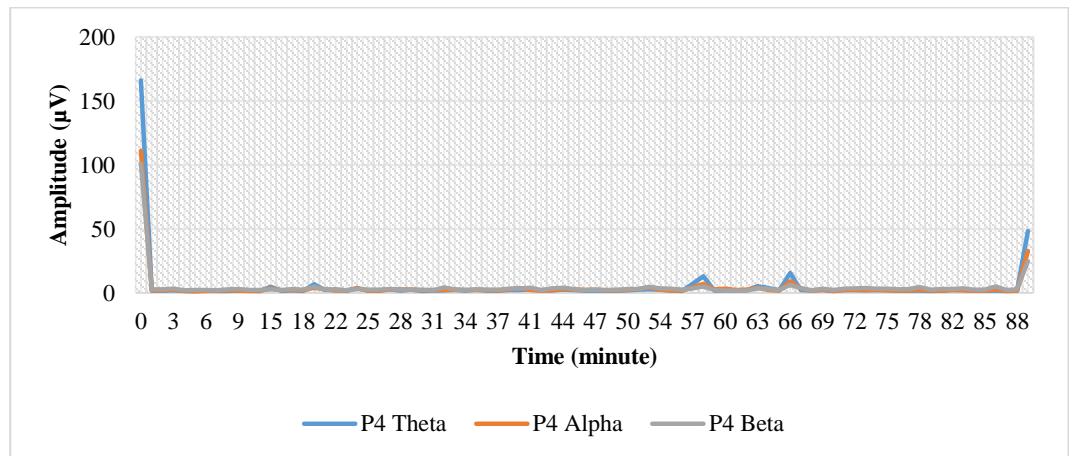


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

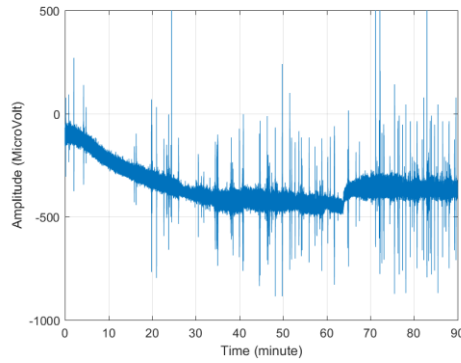


APPENDICES 11

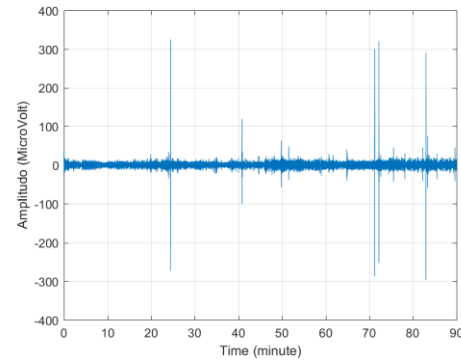
NON-AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 3]

1. F3 channel

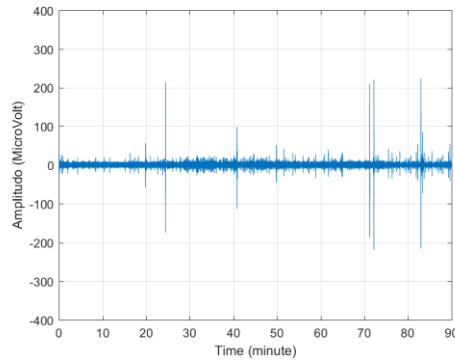
a. EEG Signal



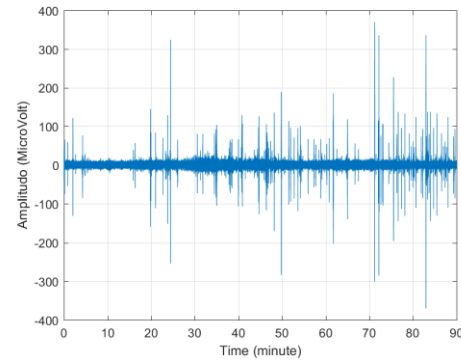
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

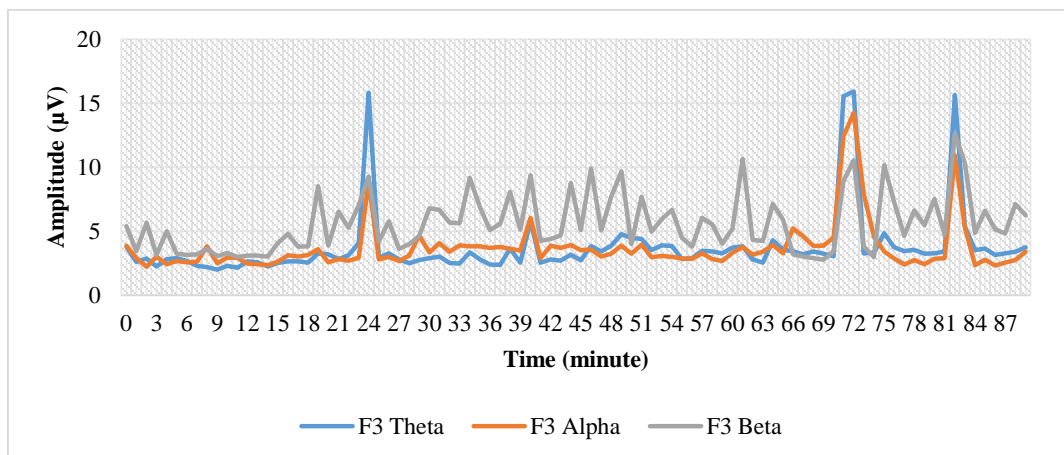


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

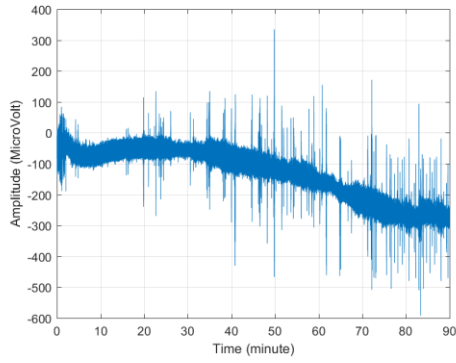
b. RMS calculation



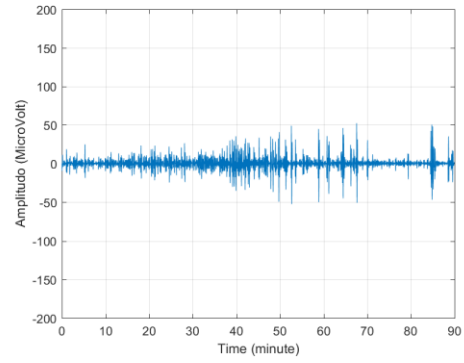
— F3 Theta — F3 Alpha — F3 Beta

2. F4 channel

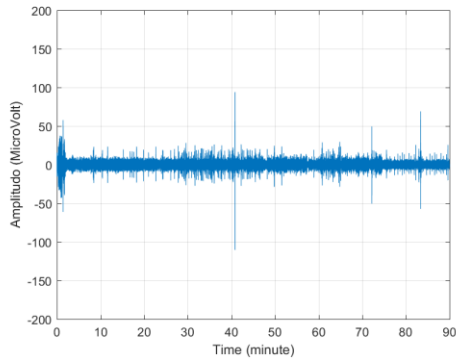
a. EEG Signal



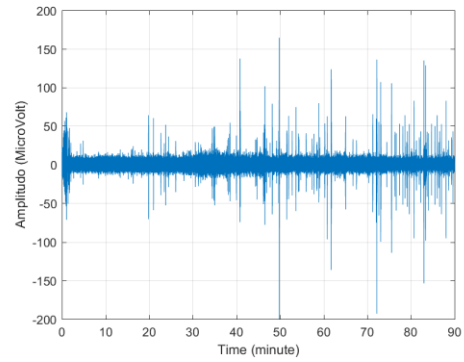
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

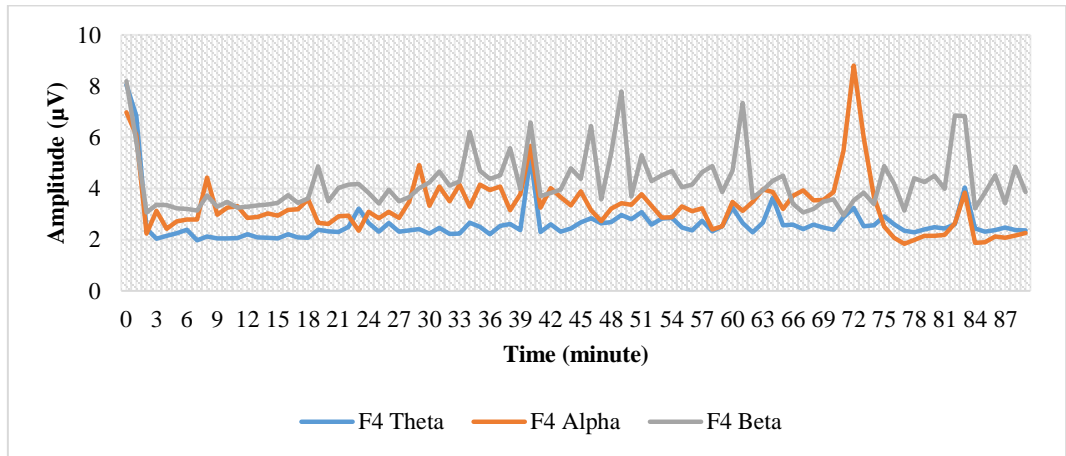


Alpha (8-13 Hz)



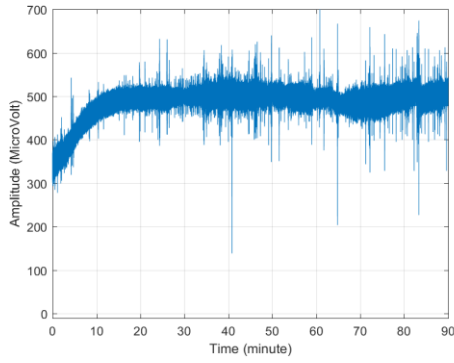
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

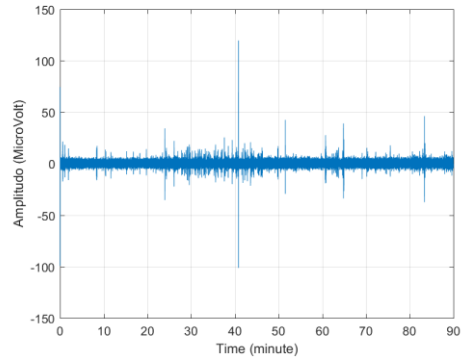


3. P3 channel

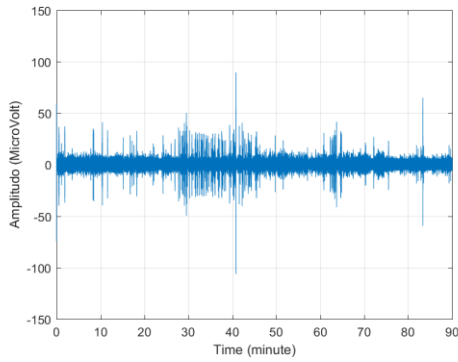
a. EEG Signal



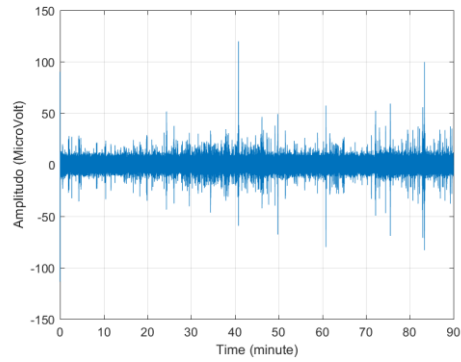
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

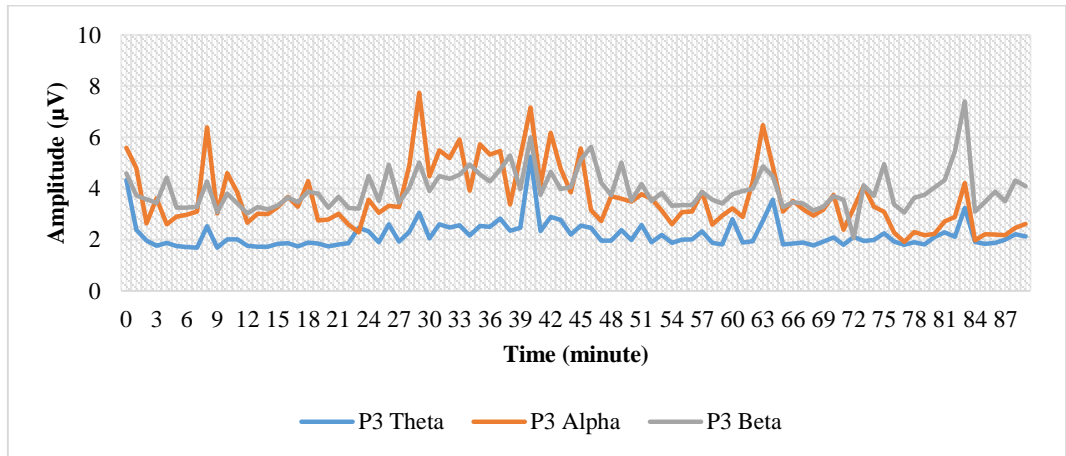


Alpha (8-13 Hz)



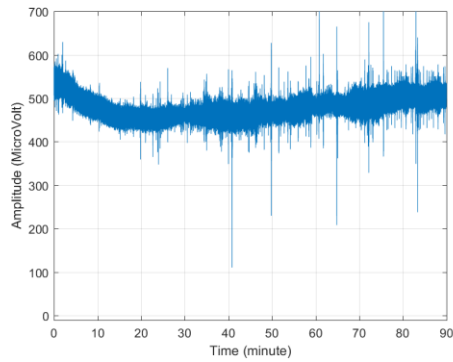
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

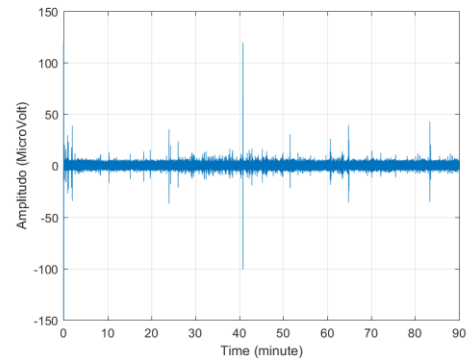


4. P4 channel

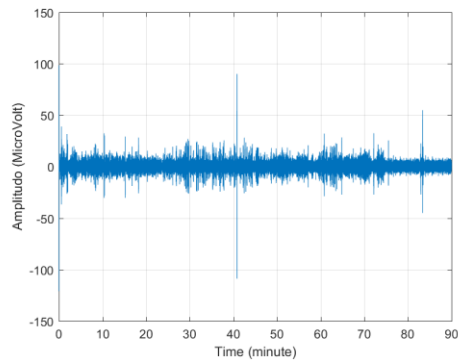
a. EEG Signal



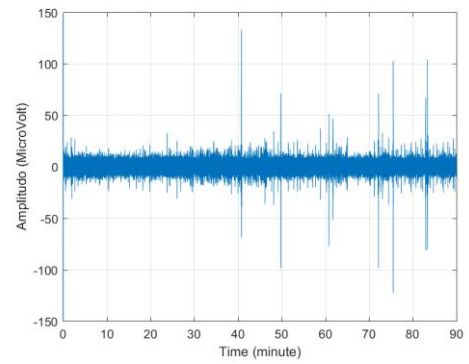
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

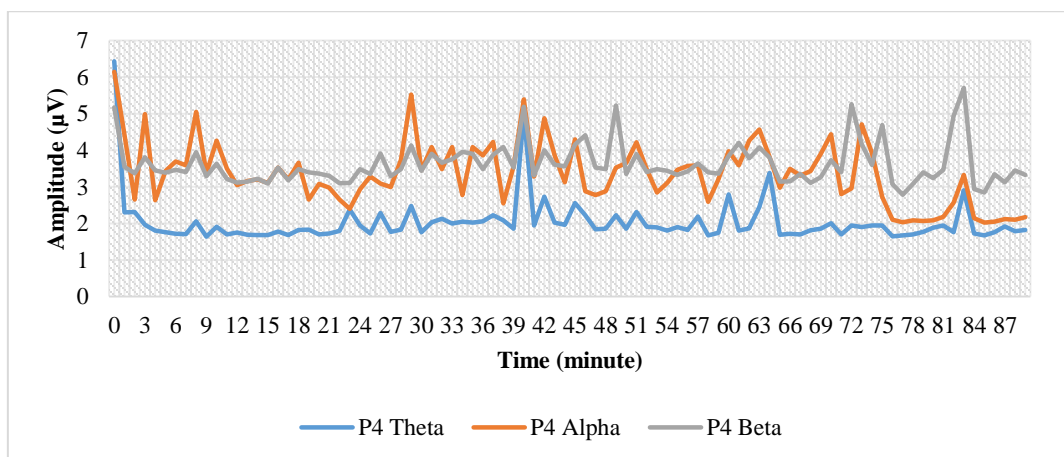


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

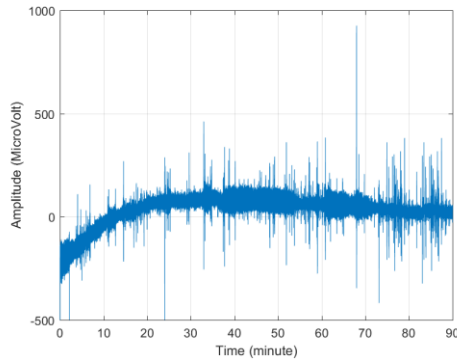


APPENDICES 12

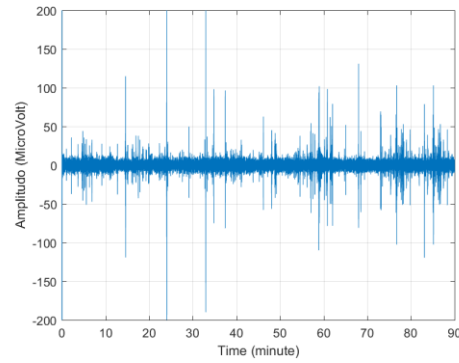
NON-AUTODIDACT IN THE LATE MORNING [PARTICIPANT 4]

1. F3 channel

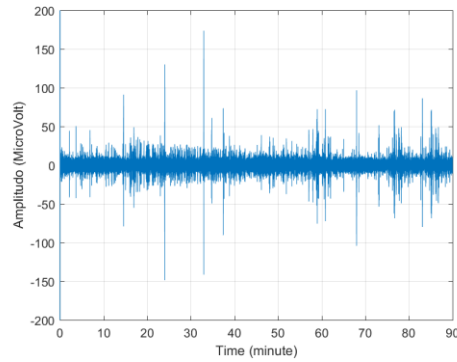
a. EEG Signal



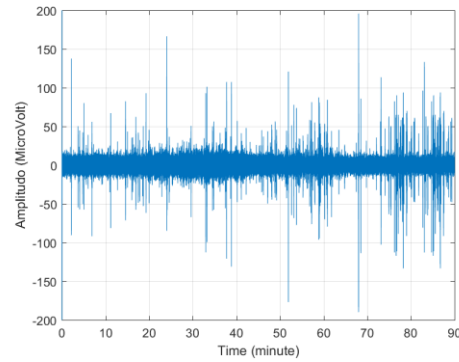
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

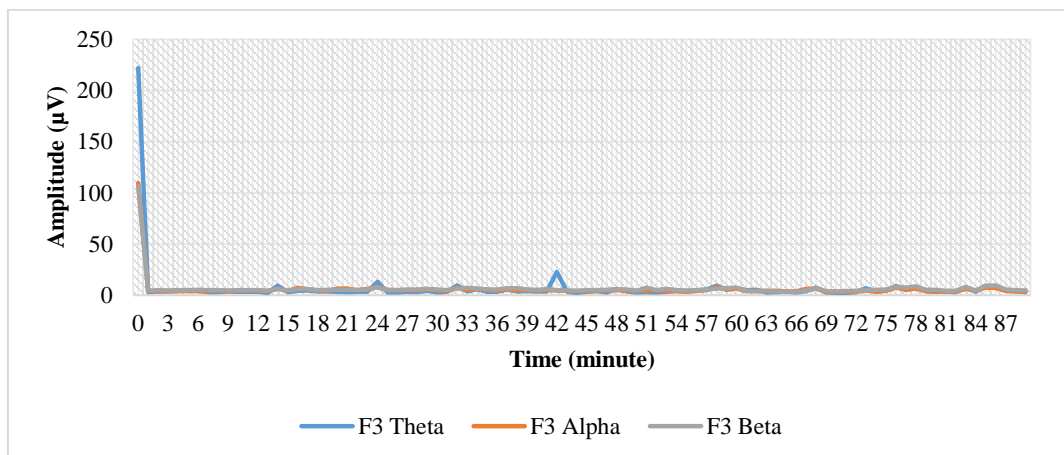


Alpha (8-13 Hz)



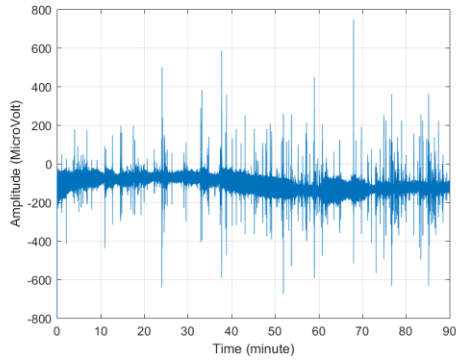
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

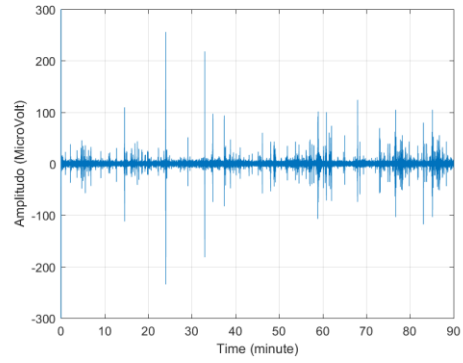


2. F4 channel

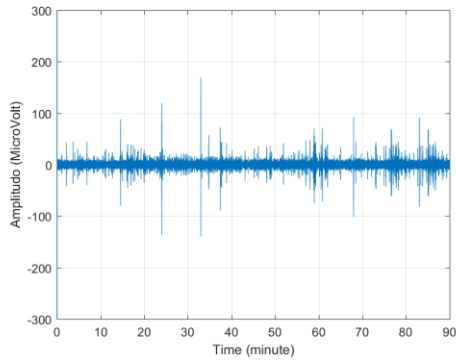
a. EEG Signal



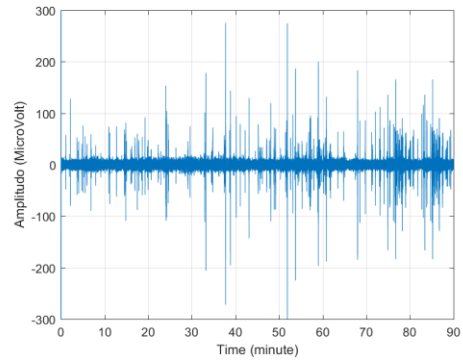
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

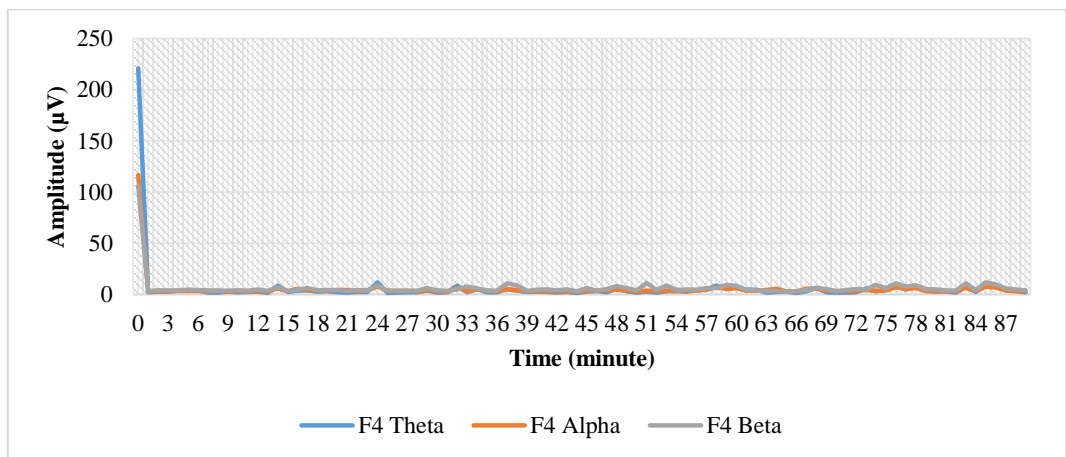


Alpha (8-13 Hz)



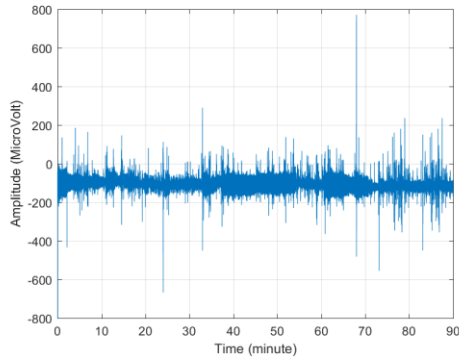
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

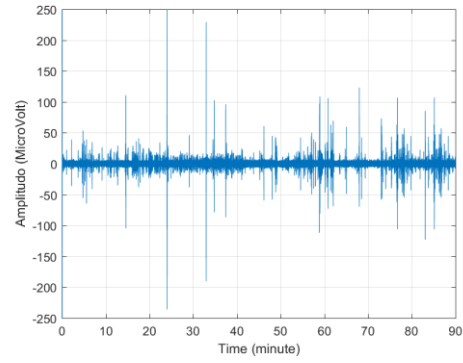


3. P3 channel

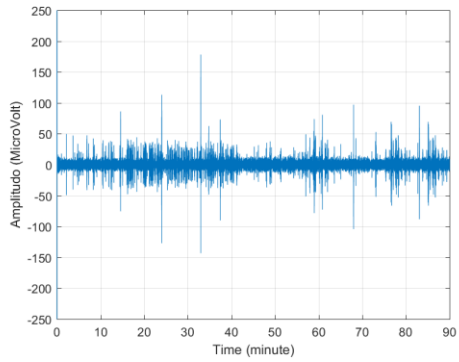
a. EEG Signal



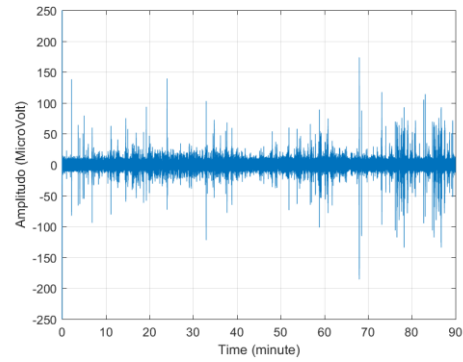
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

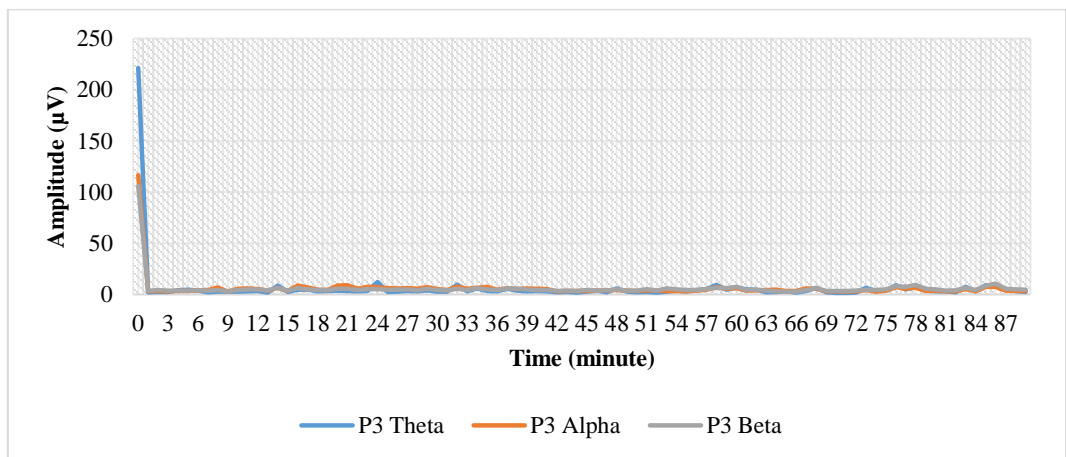


Alpha (8-13 Hz)



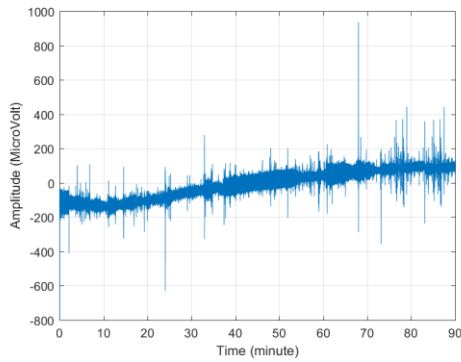
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

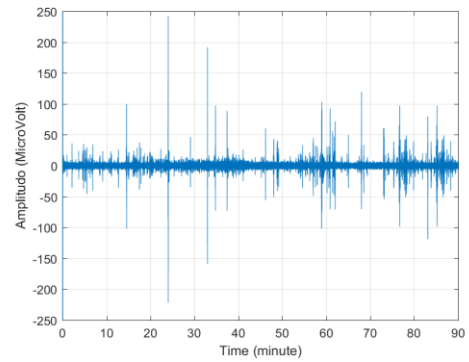


4. P4 channel

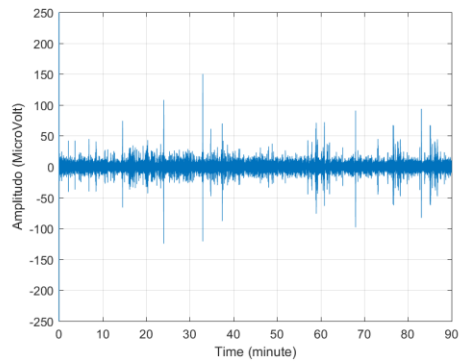
a. EEG Signal



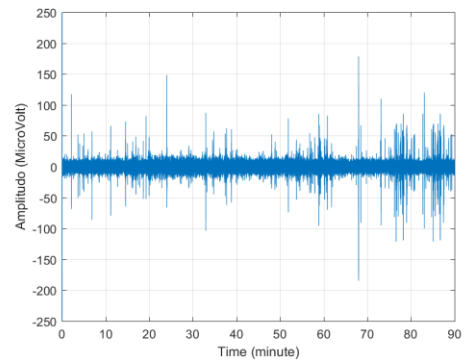
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

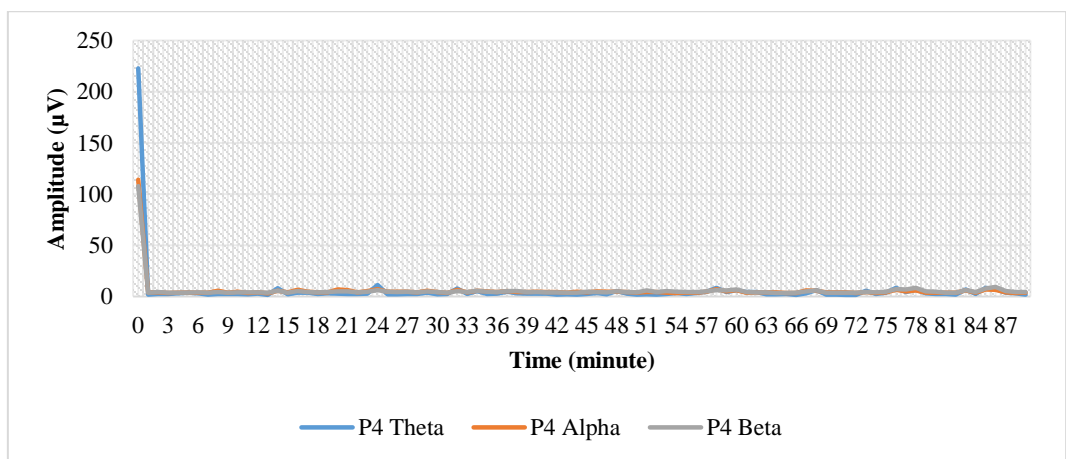


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

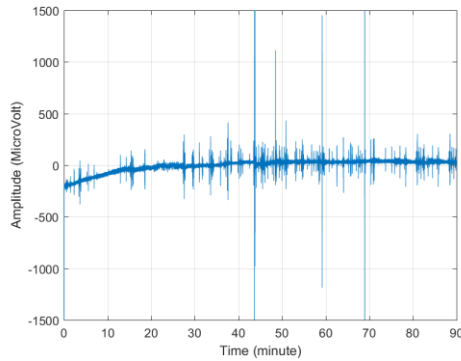


APPENDICES 13

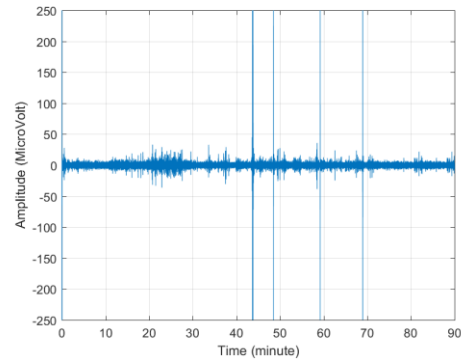
NON-AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 1]

1. F3 channel

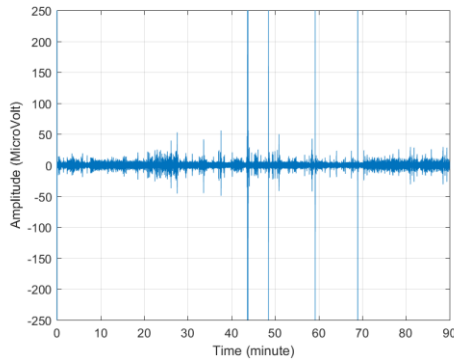
a. EEG Signal



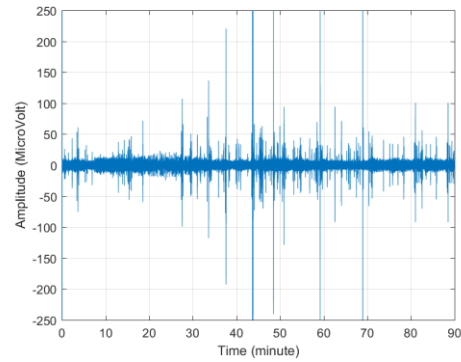
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

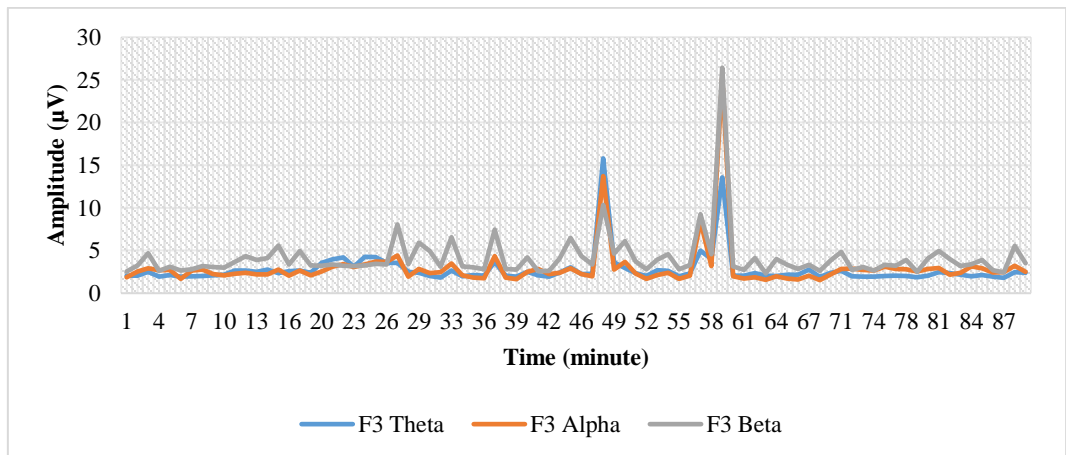


Alpha (8-13 Hz)



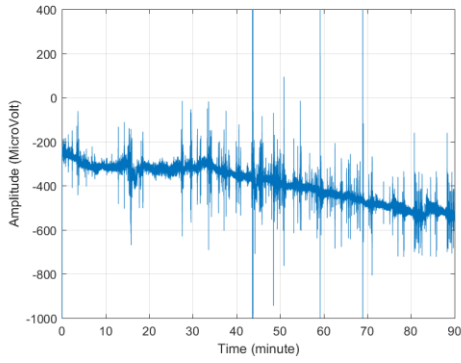
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

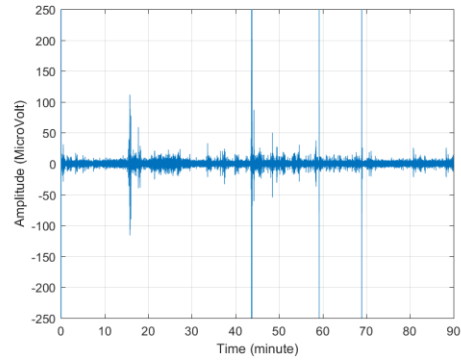


2. F4 channel

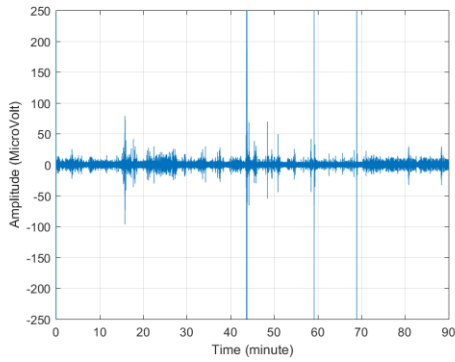
a. EEG Signal



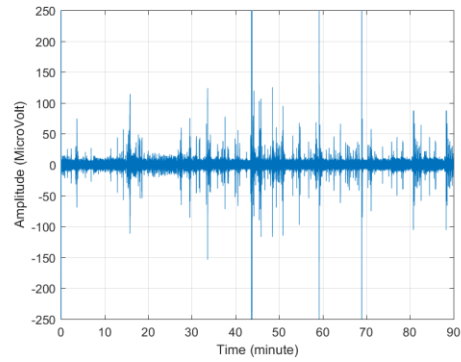
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

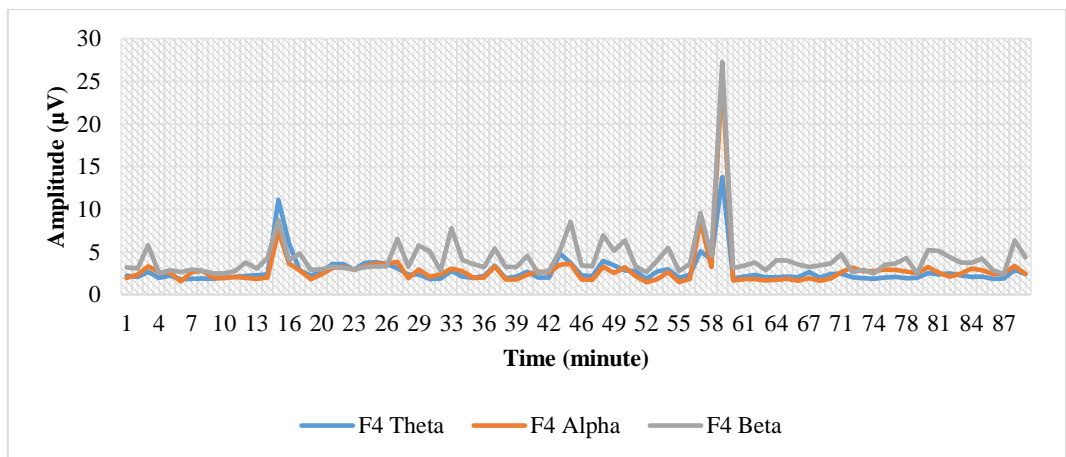


Alpha (8-13 Hz)



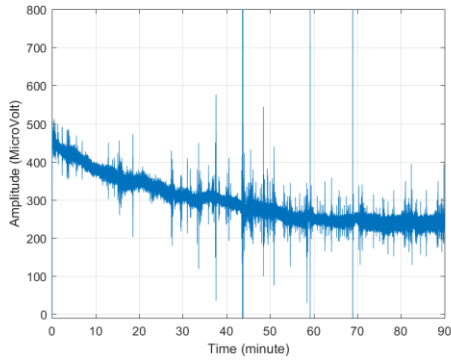
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

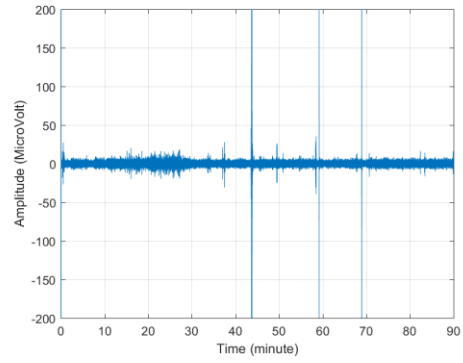


3. P3 channel

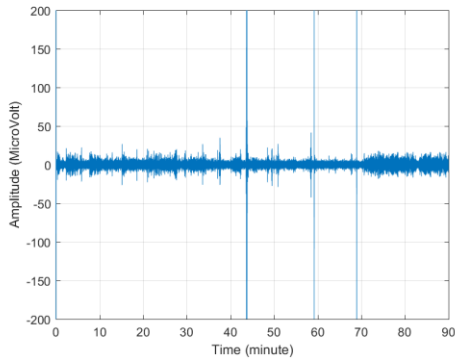
a. EEG Signal



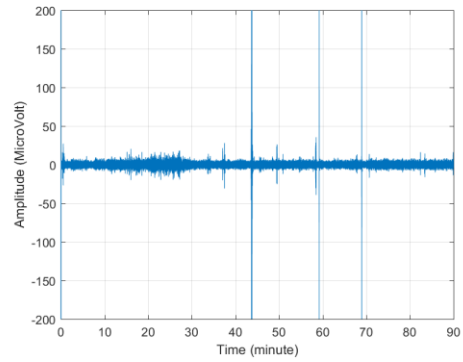
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

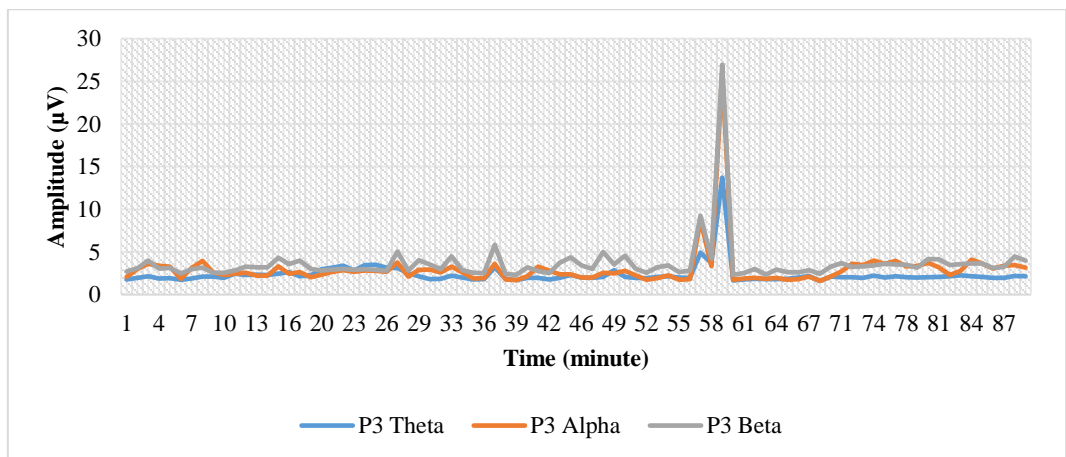


Alpha (8-13 Hz)



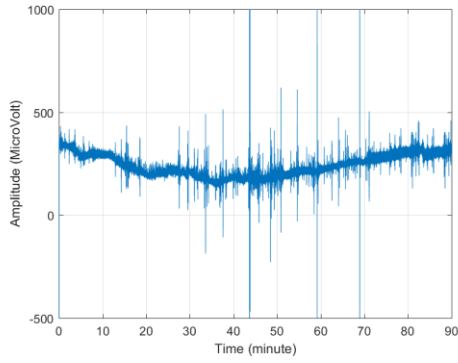
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

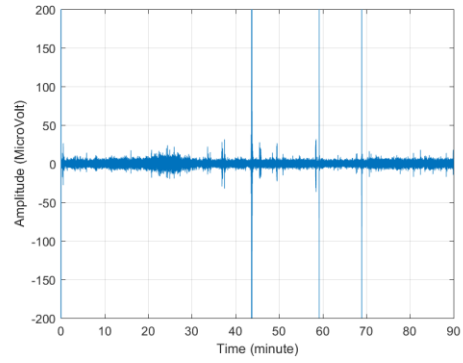


4. P4 channel

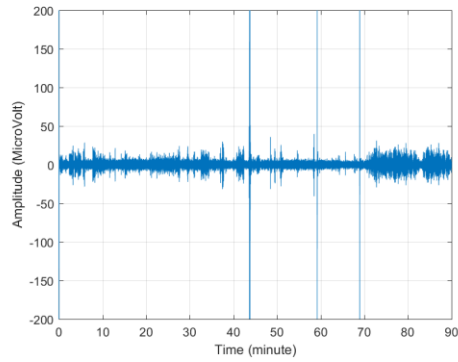
a. EEG Signal



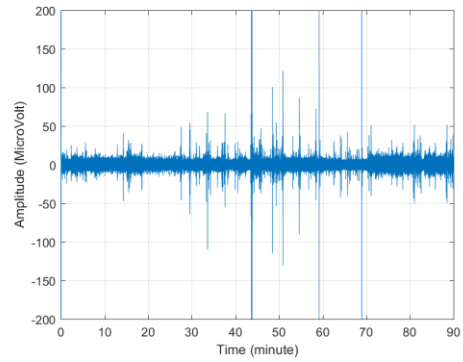
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

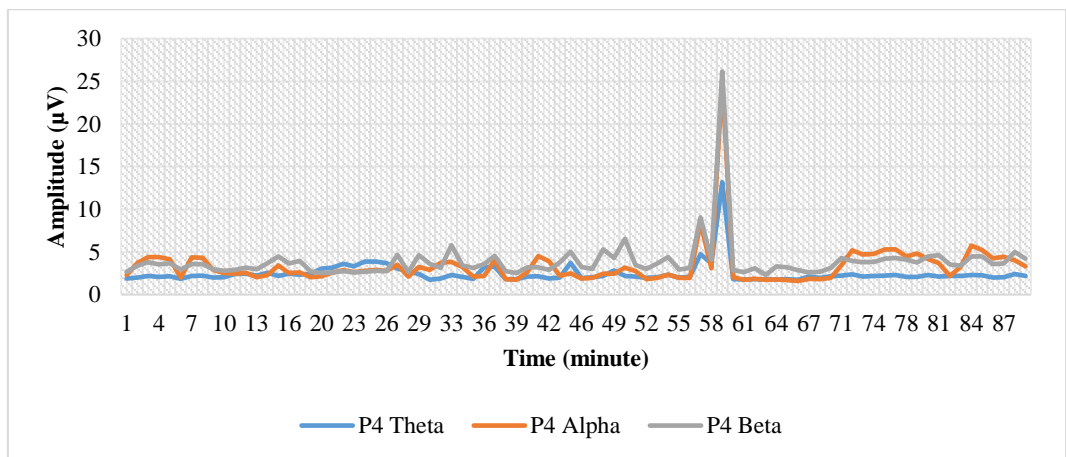


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

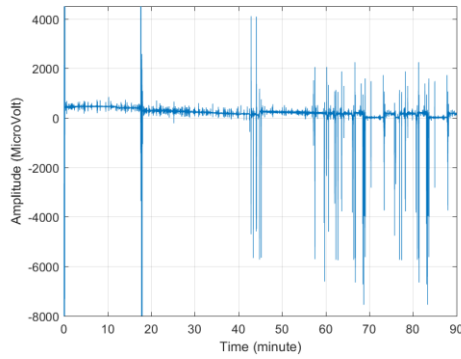


APPENDICES 14

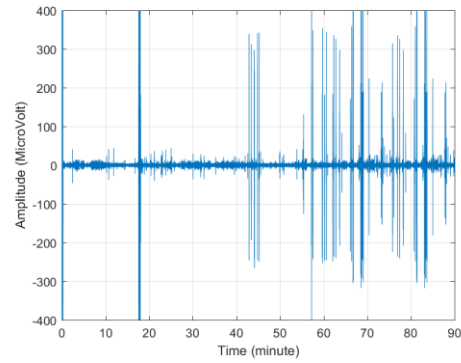
NON-AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 2]

1. F3 channel

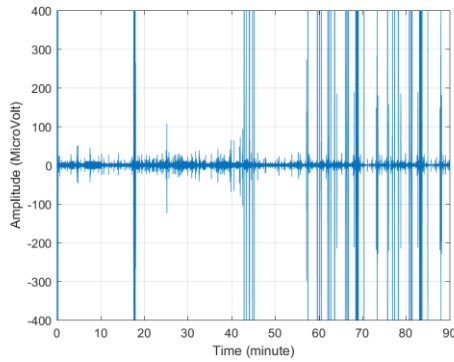
a. EEG Signal



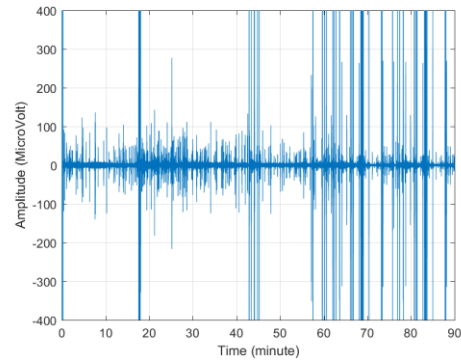
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

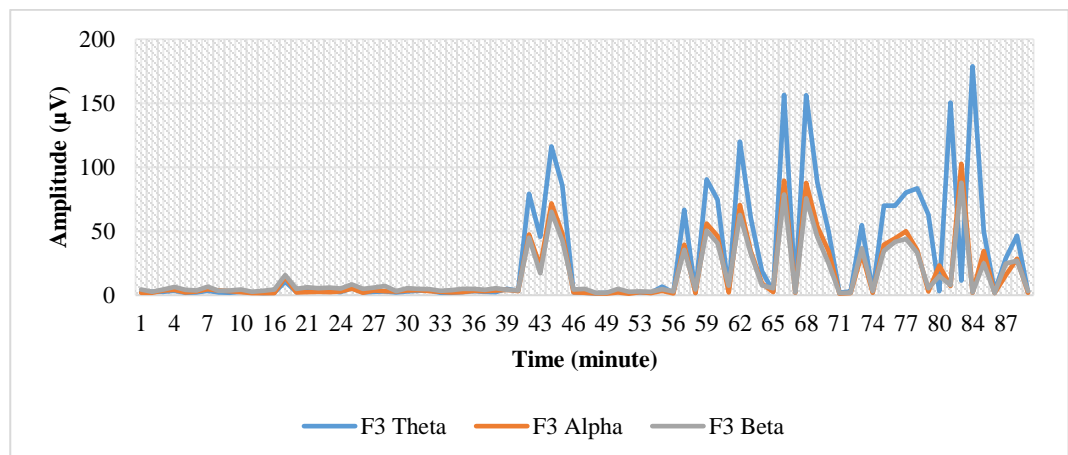


Alpha (8-13 Hz)



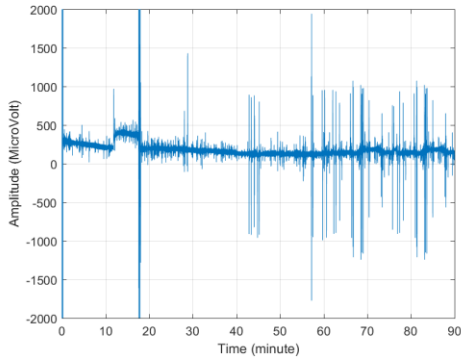
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

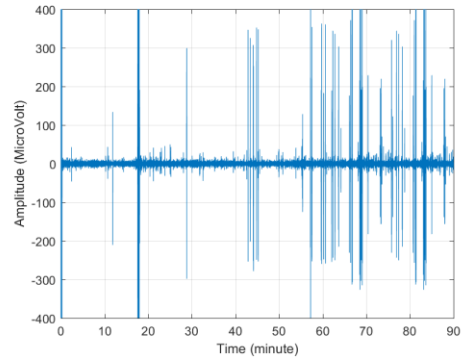


2. F4 channel

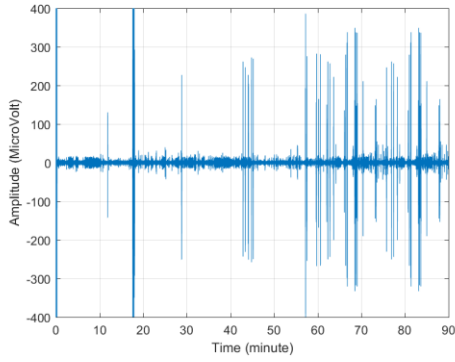
a. EEG Signal



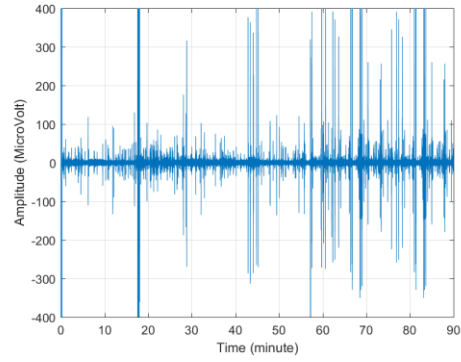
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

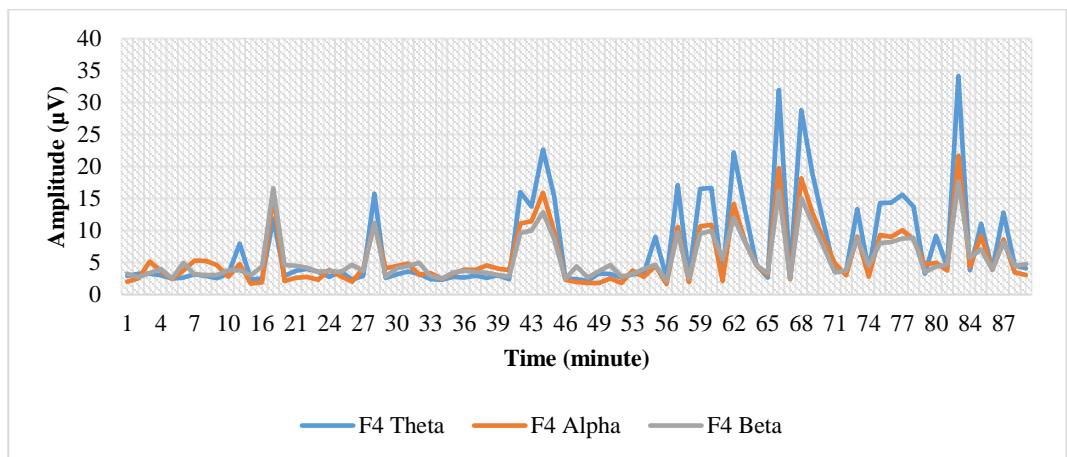


Alpha (8-13 Hz)



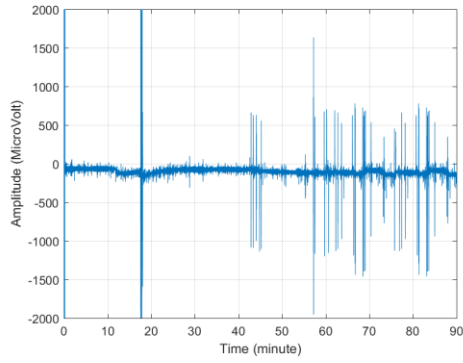
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

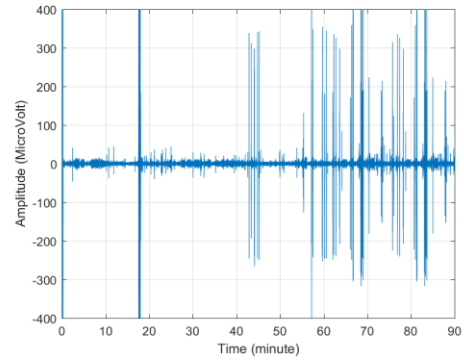


3. P3 channel

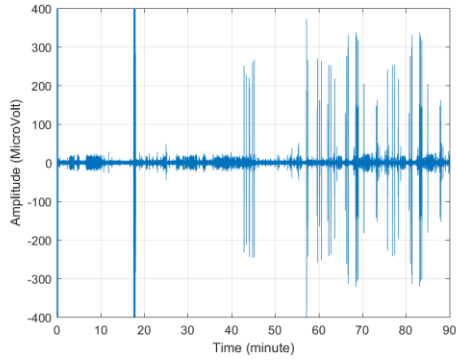
a. EEG Signal



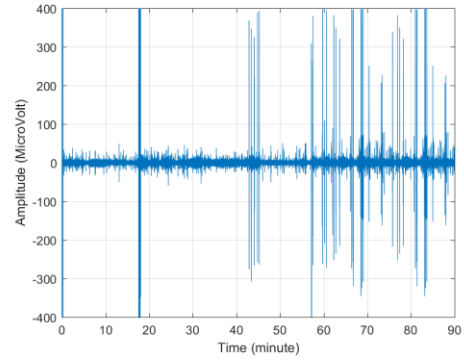
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

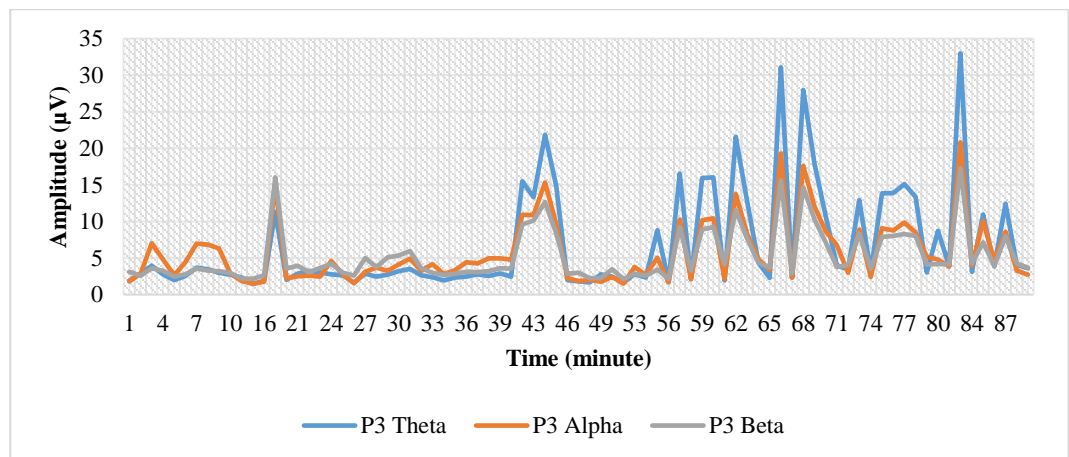


Alpha (8-13 Hz)



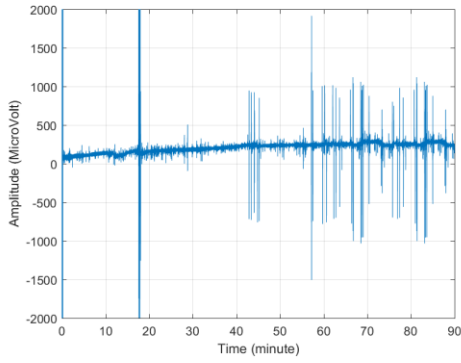
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

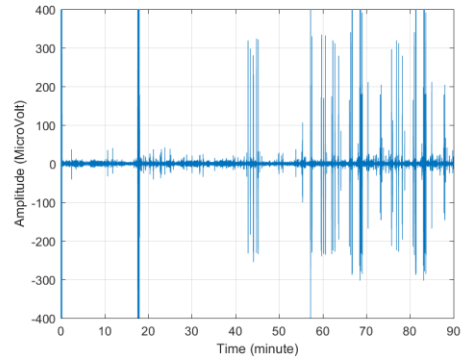


4. P4 channel

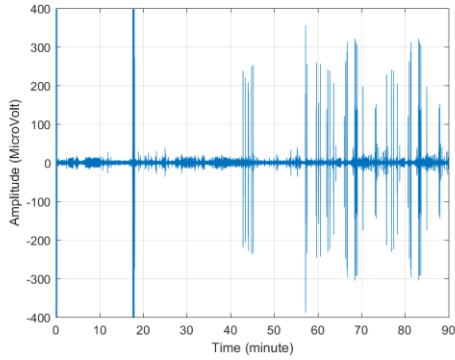
a. EEG Signal



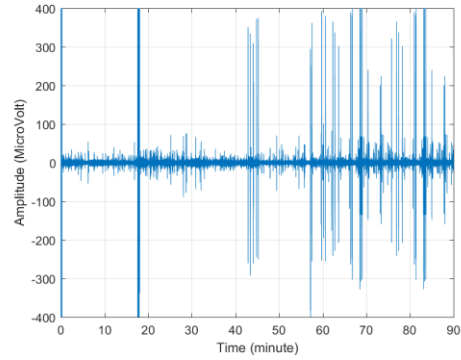
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

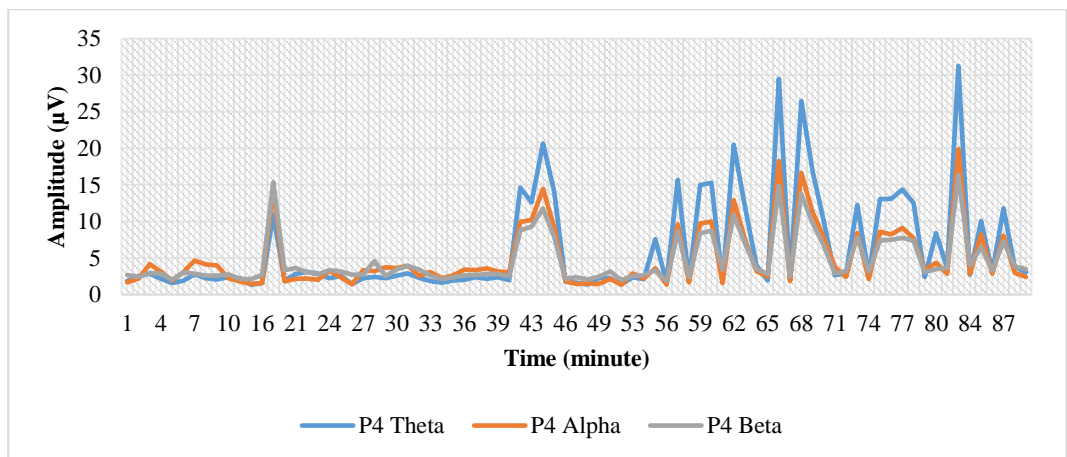


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

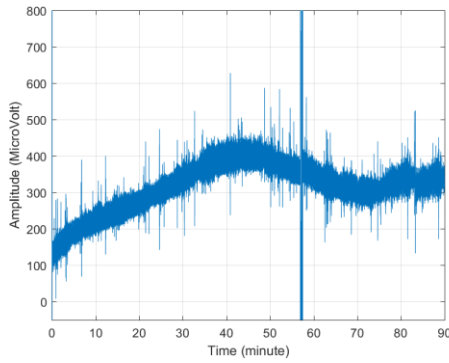


APPENDICES 15

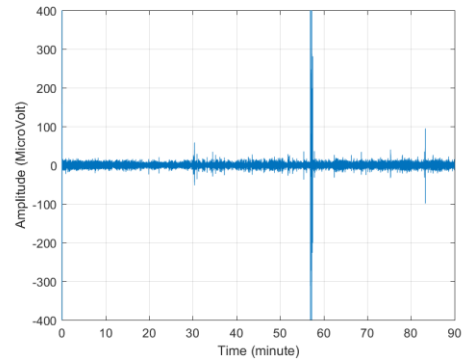
NON-AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 3]

1. F3 channel

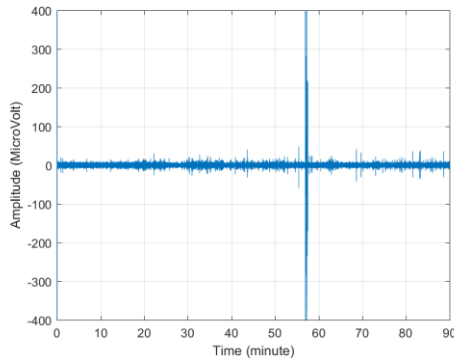
a. EEG Signal



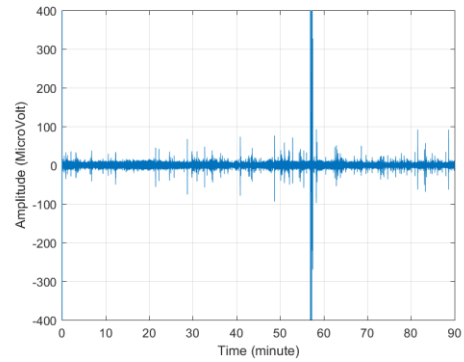
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

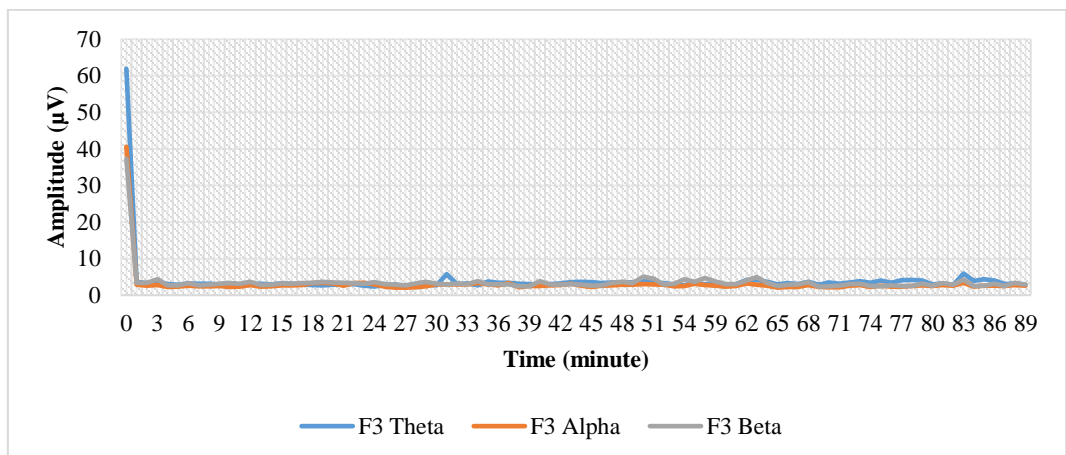


Alpha (8-13 Hz)



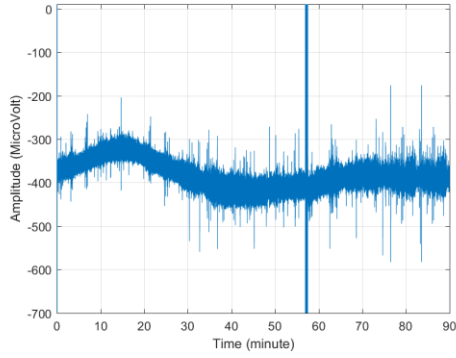
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

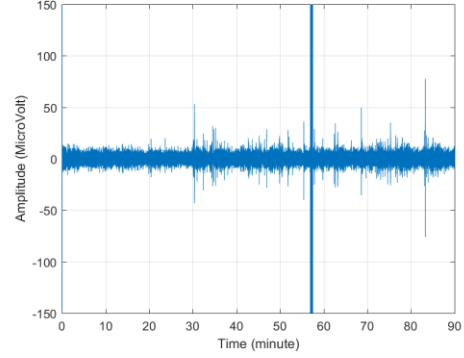


2. F4 channel

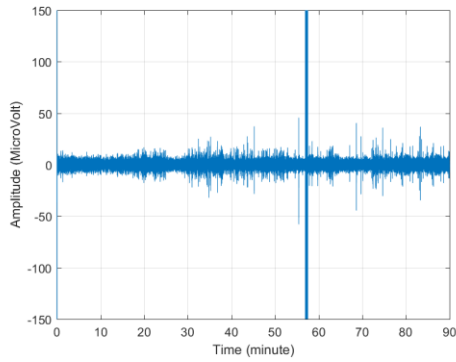
a. EEG Signal



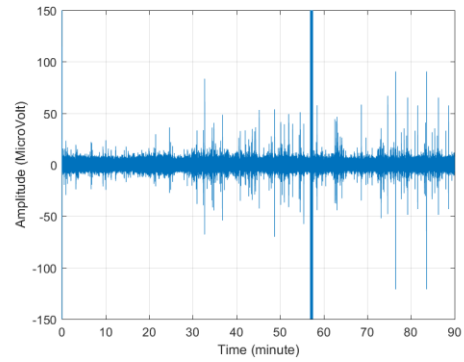
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

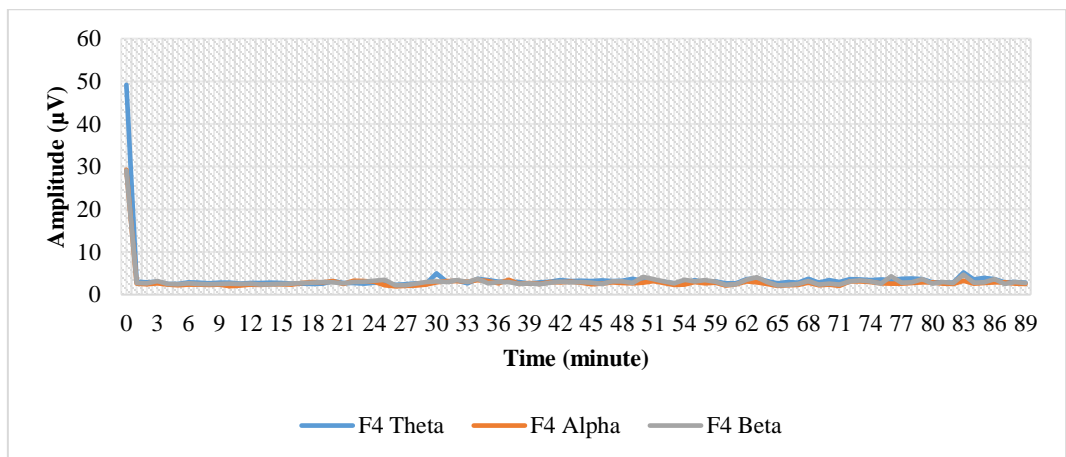


Alpha (8-13 Hz)



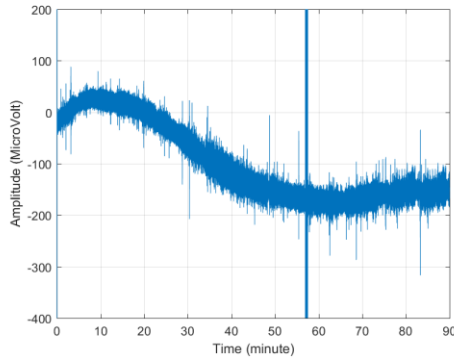
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

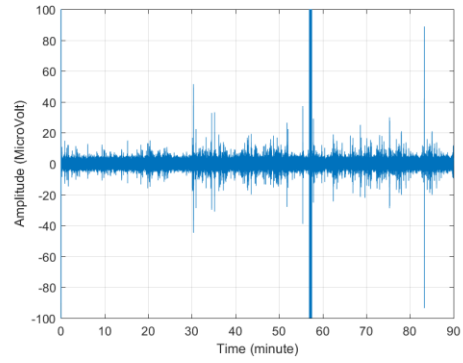


3. P3 channel

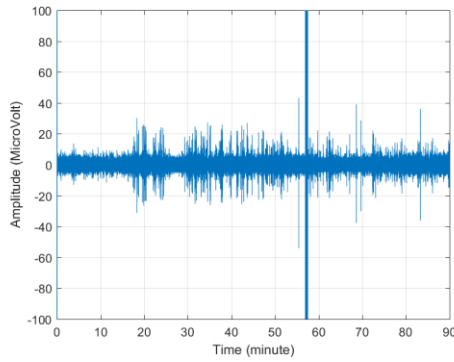
a. EEG Signal



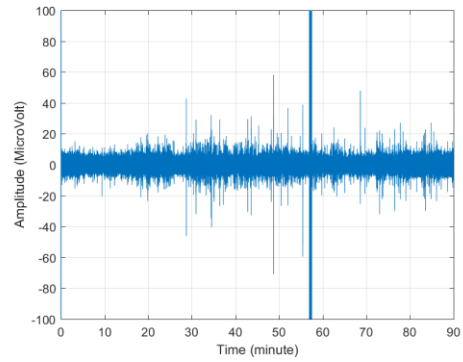
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

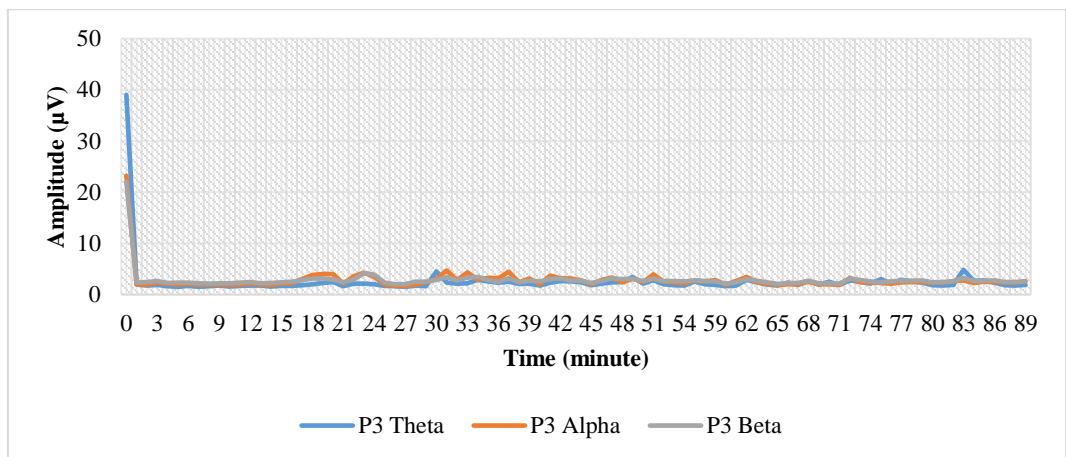


Alpha (8-13 Hz)



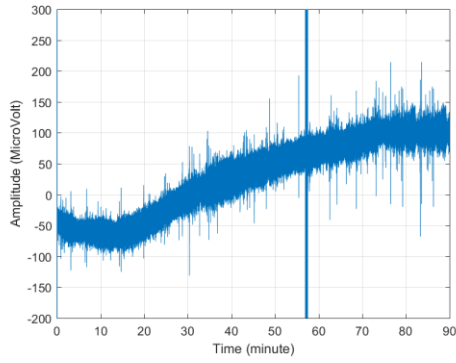
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

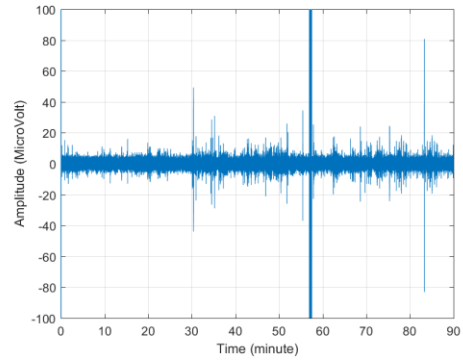


4. P4 channel

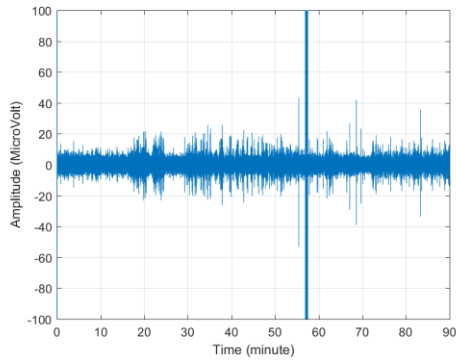
a. EEG Signal



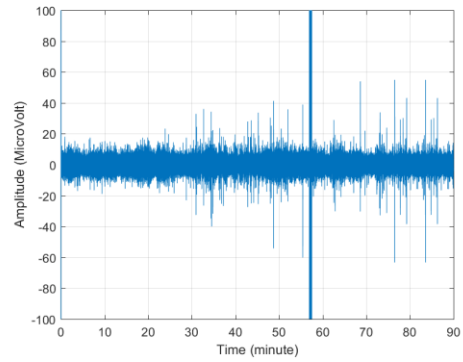
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

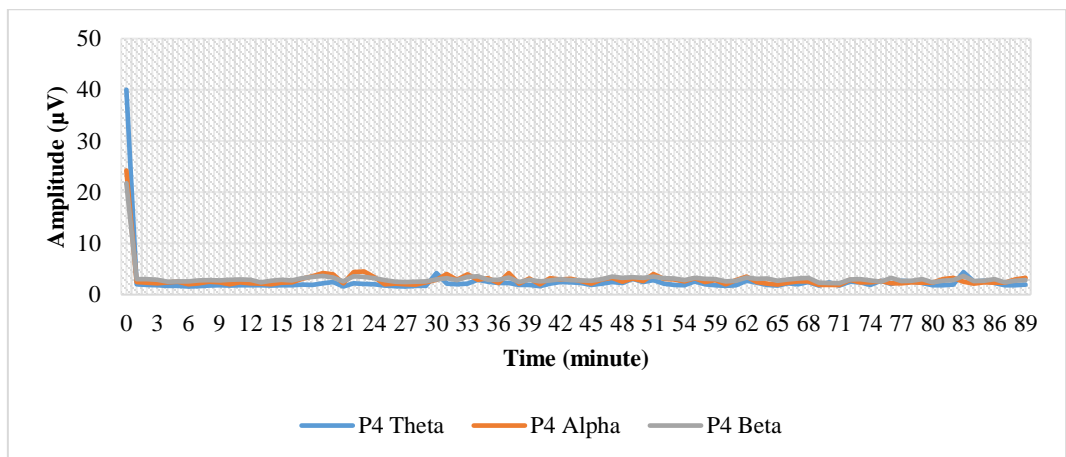


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

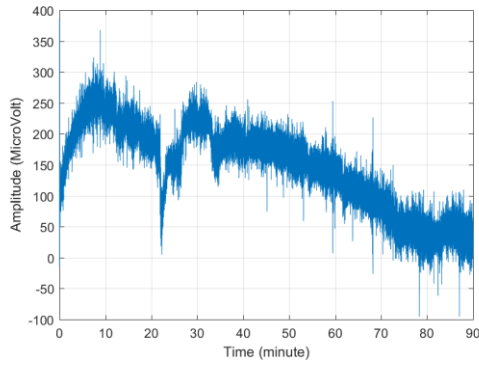


APPENDICES 16

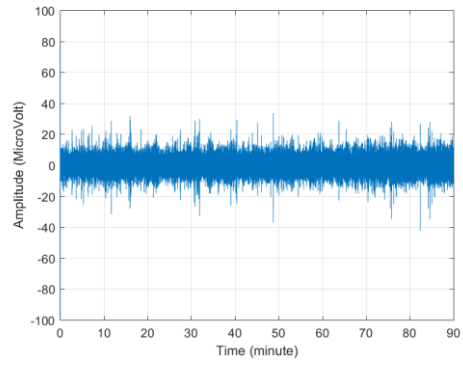
NON-AUTODIDACT IN THE AFTERNOON [PARTICIPANT 4]

1. F3 channel

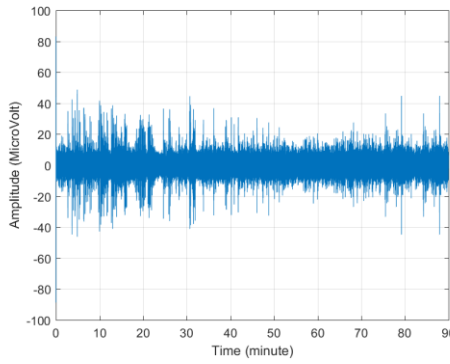
a. EEG Signal



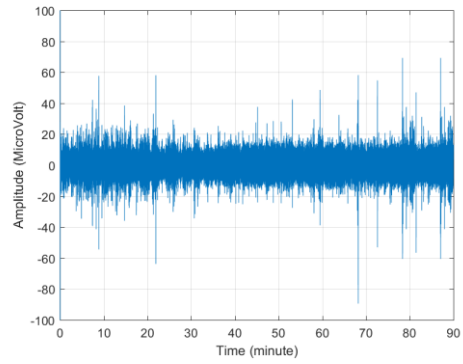
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

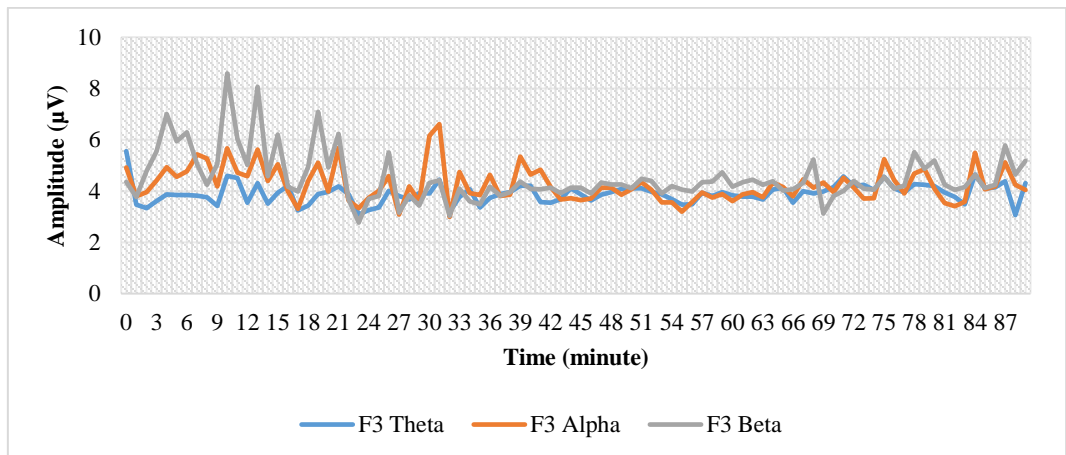


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

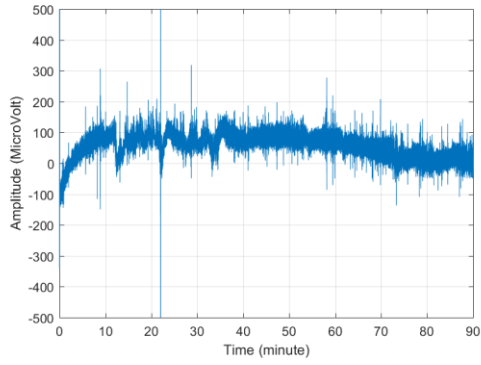
b. RMS calculation



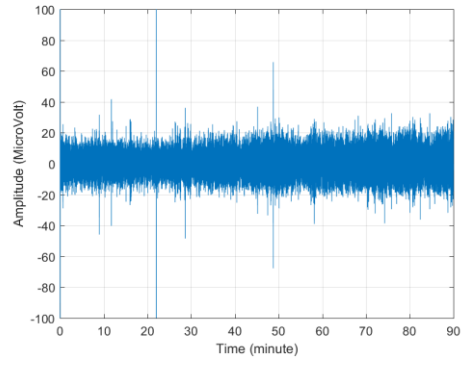
— F3 Theta — F3 Alpha — F3 Beta

2. F4 channel

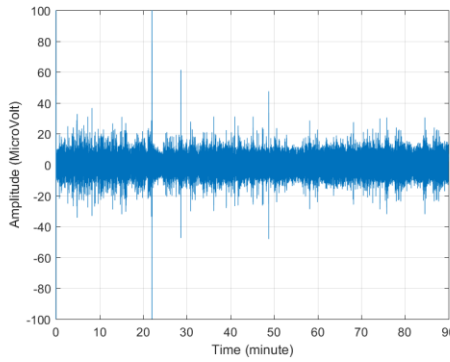
a. EEG Signal



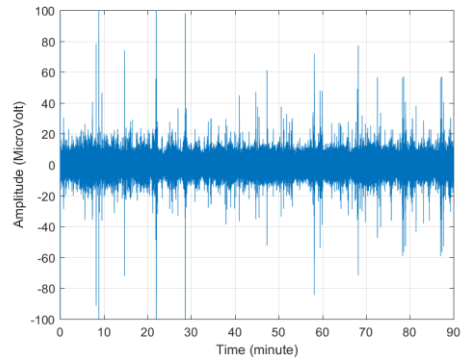
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

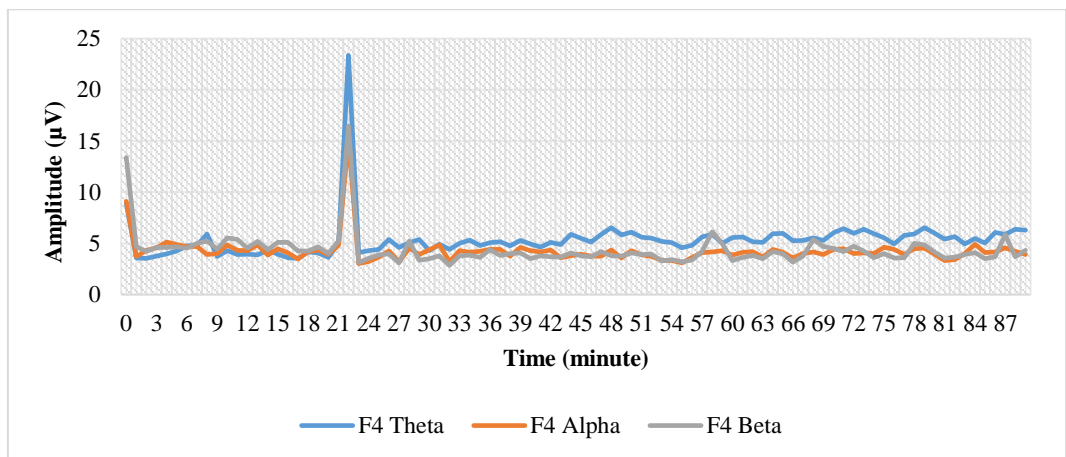


Alpha (8-13 Hz)



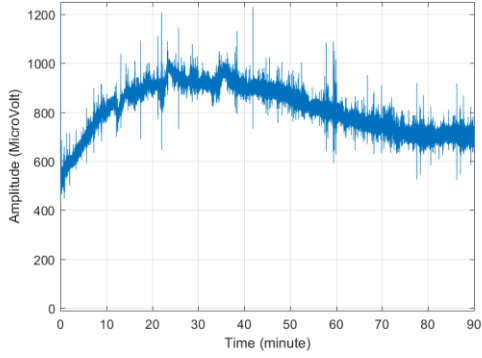
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

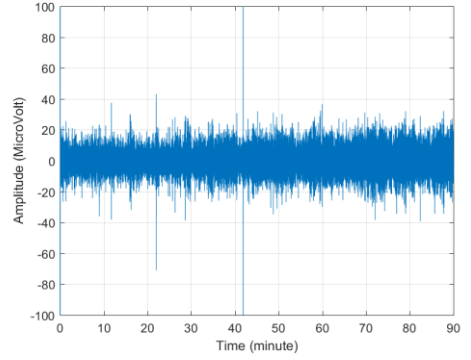


3. P3 channel

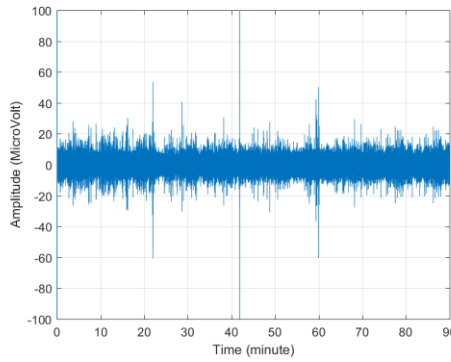
a. EEG Signal



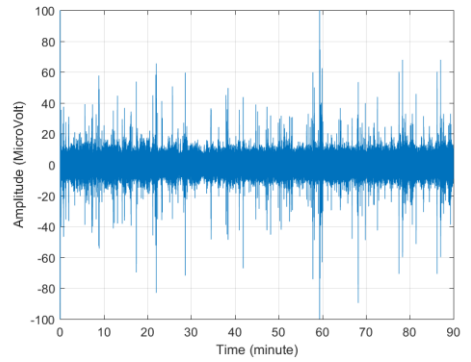
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

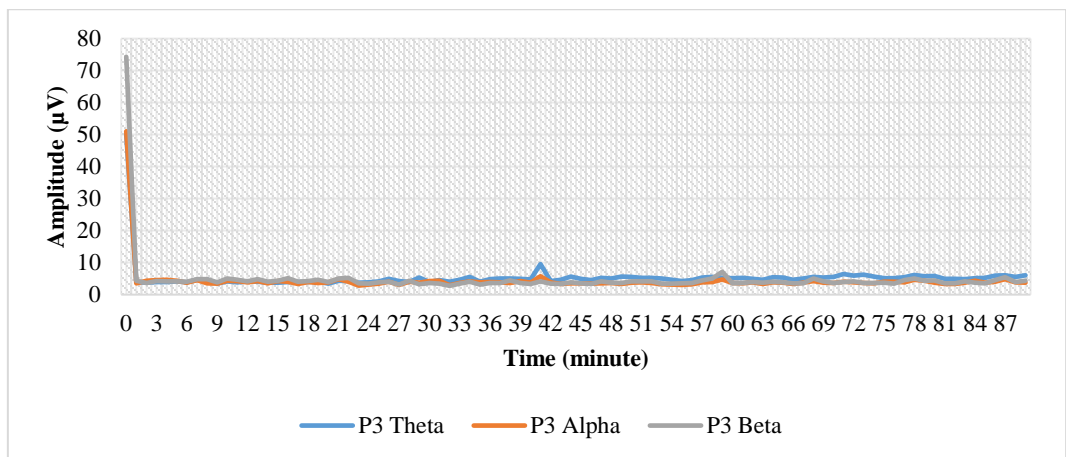


Alpha (8-13 Hz)



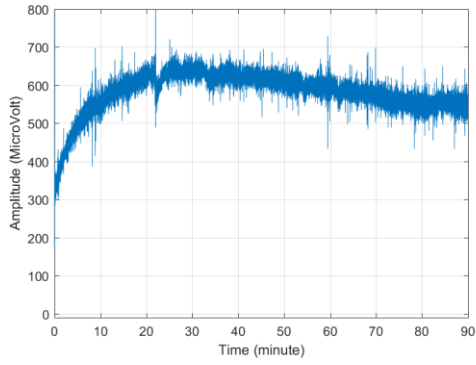
Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation

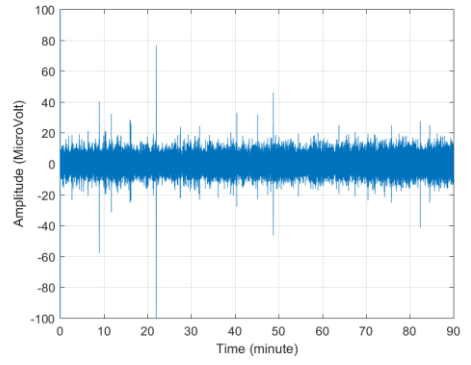


4. P4 channel

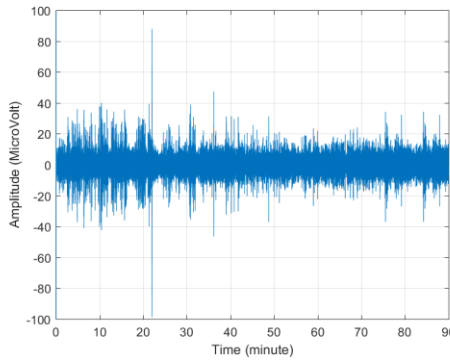
a. EEG Signal



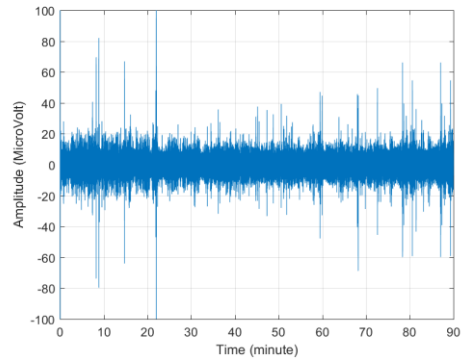
EEG Raw Data



Theta (4-8 Hz)

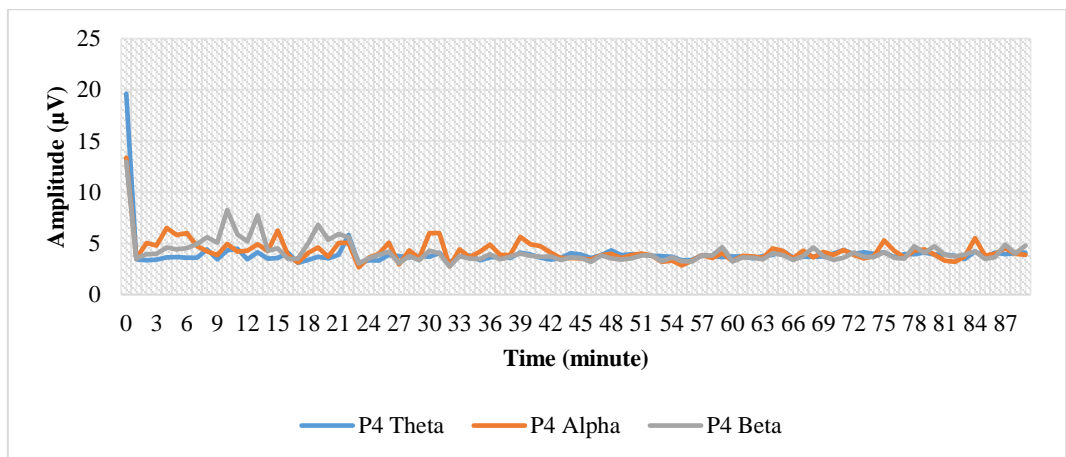


Alpha (8-13 Hz)



Beta (13-30 Hz)

b. RMS calculation



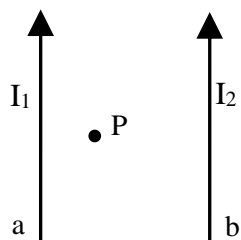
APPENDICES 17
INTERVIEW PROTOCOL FOR PHYSICS TEACHER

1. Researcher introduction.
2. Research project introduction
3. Interview
 - a. Bagaimana sistem pembelajaran Fisika pada sekolah ini? Siapa yang bertanggung jawab mengatur jadwal pelajaran Fisika? Berapa sering siswa menerima pelajaran Fisika dalam satu minggu? Pada waktu kapan pelajaran Fisika dijadwalkan? Berapa lama waktu yang disediakan oleh sekolah untuk kegiatan mengajar Fisika? (How is the system of Physics learning in this school? Who has a responsibility to arrange Physics schedule in this school? How often do students learn Physics in a week? At what time of Physics lesson is scheduled?)
 - b. Bagaimana cara atau metode yang Anda gunakan untuk mengajar Fisika? (How is the method used for teaching the Physics?)
 - c. Bagaimana respon siswa ketika Anda mengajar Fisika? (How is student's respond while you are teaching the Physics?)
 - d. Menurut Anda, faktor apa yang mempengaruhi hasil belajar siswa khususnya hasil belajar ujian nasional? (In your opinion, what is factor contributing the student learning result especially national examination?)
 - e. Menurut Anda, bab Fisika apa yang dianggap paling susah untuk diterima dan dipahami oleh siswa? (In your opinion, what sub-chapter of Physic is reputed as the most difficult to be accepted and perceivable by student?)

APPENDICES 18

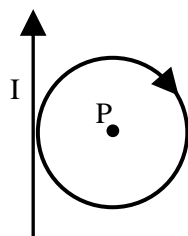
QUESTION FOR AUTODIDACT LEARNING METHO SESSION

- Medan magnet disekitar penghantar panjang lurus berarus, berbanding terbalik dengan ...
 - Kuat arus listrik
 - Tegangan listrik
 - Induktansi diri
 - Jumlah lilitan kumparan
 - Jarak titik dari penghantar
- Dua kawat a dan b diletakkan sejajar pada jarak 8 cm satu sama lain (gambar di bawah). Tiap kawat dialiri arus sebesar 20 A. Jika $\mu_0/4\pi = 10^{-7}$ Tm/A, maka induksi magnet di titik P yang terletak di antara kedua kawat pada jarak 2 cm dari kawat a dalam mT adalah ...



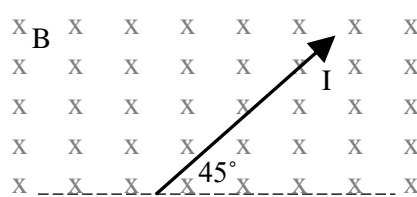
- 0,1
- 0,13
- 0,2
- 0,25
- 0,3

- Dua kawat yang sangat panjang dipasang vertical sejajar dengan jarak d . Kawat pertama dialiri arus sebesar I ke atas. Pandang titik P (dalam bidang kedua kawat itu) yang terletak diantaranya dan berjarak $1/3 d$ dari kawat pertama. Jika induksi magnet di titik P sama dengan nol, berarti arus yang mengalir dalam kawat kedua ...
 - $1/3 I$ ke bawah
 - $1/2 I$ ke bawah
 - $3 I$ ke atas
 - $2 I$ ke atas
 - $2 I$ ke bawah
- Kawat lurus panjang dan kawat melingkar dialiri arus sama besar 4 A. Keduanya didekatkan tanpa bersentuhan seperti gambar. Jari-jari lingkaran 4 cm. Besar induksi magnet total yang timbul di pusat lingkaran (titik P) adalah ...



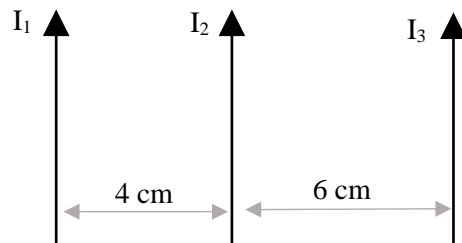
- $3,14 \cdot 10^{-5}$ tesla
- $4,14 \cdot 10^{-5}$ tesla
- $4,28 \cdot 10^{-5}$ tesla
- $5,28 \cdot 10^{-5}$ tesla
- $8,28 \cdot 10^{-5}$ tesla

5. Induksi magnetic pada solenoid menjadi bertambah besar, bila ...
- Jumlah lilitannya diperbanyak, arusnya diperkecil
 - Jumlah lilitannya dikurangi, arusnya diperbesar
 - Jumlah lilitan diperbanyak, arus diperbesar
 - Solenoidanya diperpanjang, arusnya diperbesar
 - Solenoidanya diperpanjang, arusnya diperkecil
6. Perhatikan gambar berikut ini. Kawat yang panjangnya 50 cm, berarus listrik 2 A diletakkan pada medan magnet $B = 5 \cdot 10^{-4}$ tesla. Gaya yang bekerja pada kawat adalah ...



- $2,5 \cdot 10^{-4}$ N
- $2,5 \sqrt{2} \cdot 10^{-4}$ N
- $5 \cdot 10^{-4}$ N
- $5\sqrt{2} \cdot 10^{-4}$ N
- $5\sqrt{3} \cdot 10^{-4}$ N

7. Bila $I_1 = I_3 = 4$ A dan $I_2 = 3$ A, maka besar gaya Lorentz per satuan panjang pada kawat yang berarus I_2 adalah ...



- $8/3 \times 10^{-5}$ N/m
- 10^{-5} N/m
- $1/3 \times 10^{-5}$ N/m
- 10^{-4} N/m
- 2×10^{-4} N/m

8. Sebuah elektron bergerak dengan kecepatan 4×10^5 m/s searah dengan sb. X+ memotong medan magnet 5×10^{-4} Wb m^2 searah sb. Z+. Bila $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, besar dan arah gaya yang bekerja pada electron adalah ...
- $3,2 \times 10^{-17}$ N searah sb. Y-
 - $3,2 \times 10^{-17}$ N searah sb. Y+
 - 8×10^{-22} N searah sb. Y-
 - 8×10^{-22} N searah sb. Y+
 - 2×10^{-28} N searah sb. Y-
9. Sebuah zarah bermuatan listrik bergerak dan masuk ke dalam medan magnet sedemikian rupa sehingga lintasannya berupa lingkaran dengan jari-jari 10 cm. Jika zarah lain bergerak dengan laju 1,2 kali zarah pertama, maka jari-jari lingkarannya

20 cm. Ini berarti bahwa perbandingan antara massa per muatan zarah pertama dengan zarah kedua adalah sebagai berikut ...

- A. 3 : 5
- B. 4 : 5
- C. 1 : 2
- D. 5 : 6
- E. 5 : 4

10. Sebuah muatan uji positif bergerak dekat kawat lurus panjang yang dialiri arus listrik I. Suatu gaya yang mempunyai arah menjauh dari kawat akan terjadi pada muatan uji tersebut apabila arah gerakannya ...

- A. Searah dengan arah arus
- B. Berlawanan dengan arah arus
- C. Mendekati kawat secara tegak lurus
- D. Menjauhi kawat secara tegak lurus
- E. Tegak lurus baik terhadap arah arus maupun terhadap arah menuju kawat

~ Selesai, Terimakasih ~

APPENDICES 19

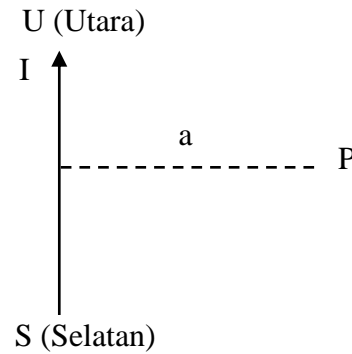
QUESTION FOR NON-AUTODIDACT LEARNING METHOD SESSION

1. Kawat dialiri arus listrik I seperti pada gambar di bawah ini! Pernyataan yang sesuai gambar, Induksi magnetic di titik P akan:

- (1) Sebanding kuat arus I
 (2) Sebanding $1/a$
 (3) Tergantung arah arus listrik I

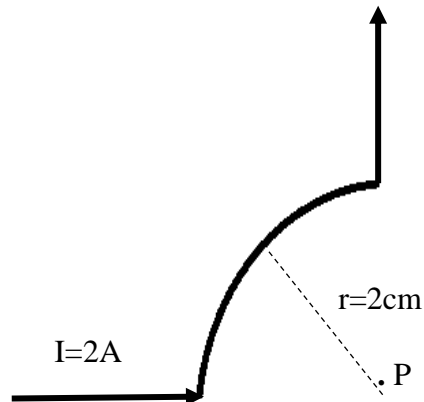
Pernyataan yang benar adalah...

- A. (1), (2), dan (3)
 B. (1) dan (2)
 C. (1) dan (3)
 D. (1) saja
 E. (2) saja



2. Perhatikan gambar kawat yang dialiri arus berikut! Besar induksi magnetic di titik P adalah...

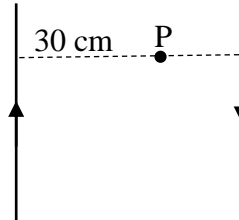
- A. $0,5 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 B. $\pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 C. $1,5 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 D. $2,0 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 E. $3,0 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$



3. Sebuah solenoid jari-jarinya 2 mm dan panjangnya 50 cm memiliki 400 lilitan. Jika dialiri arus 2 A maka tentukan induksi magnet di titik tengah suatu solenoid!

- A. $3,2 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 B. $5,6 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 C. $6,4 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 D. $7,2 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$
 E. $2 \pi \times 10^{-5} \text{ Wb.m}^{-2}$

4. Dua kawat sejajar yang sangat panjang dialiri arus listrik yang sama besar yaitu 3A. Jika jarak kedua kawat adalah 40 cm, maka induksi magnte di titik P adalah...
- A. 2×10^{-6} T
 B. 4×10^{-6} T
 C. 6×10^{-6} T
 D. 8×10^{-6} T
 E. 12×10^{-6} T

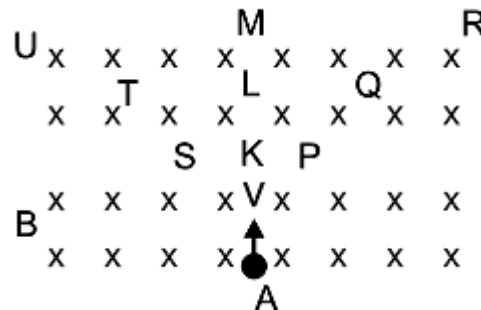


5. Dua buah kawat sejajar yang dilalui arus listrik yang sama besar dan arahnya akan ...
- A. Saling tarik menarik
 B. Saling tolak menolak
 C. Tidak saling mempengaruhi
 D. Arus listriknya menjadi nol
 E. Arus listriknya menjadi dua kali lipat

6. Dua titik A dan B berada di sekitar kawat lurus berarus listrik I. Jarak titik tersebut dari kawat masing-masing 6 cm dan 9 cm. Maka besar perbandingan induksi magnetic antara titik A dan titik B adalah...
- A. 1 : 2
 B. 2 : 1
 C. 2 : 3
 D. 3 : 1
 E. 3 : 2

7. Perhatikan gambar dibawah! Dari titik A sebuah electron bergerak dengan kecepatan v memasuki magnet B. Salah satu lintasan yang mungkin dilalui electron adalah ...

- A. K – L – M
 B. S – T – U
 C. P – Q – R
 D. P – K – R
 E. S – K – U



8. Dua kawat sejajar l dan m masing-masing panjangnya 2 m dan terpisah pada jarak 2 cm. Pada kawat m yang kuat arusnya 1,5 A mengalami gaya magnetic dari kuat arus pada kawat l sebesar 6×10^4 N. Kuat arus pada kawat l adalah ...

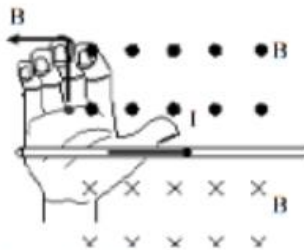
- A. 1,2 A
 - B. 1,5 A
 - C. 2,0 A
 - D. 2,4 A
 - E. 3,0 A
9. Sebuah partikel dengan muatan sebesar $1 \mu\text{C}$ bergerak membentuk sudut 30° terhadap medan magnet homogen $B=10^{-4} \text{ T}$ yang mempengaruhinya. Kecepatan partikel tersebut 2000 m/s , maka gaya Lorentz yang dialaminya adalah ...
- A. Nol
 - B. $2 \times 10^{-6} \text{ N}$
 - C. $4 \times 10^{-6} \text{ N}$
 - D. 10^{-7} N
 - E. 10^{-4} N
10. Sebuah penghantar lurus panjang dialiri arus listrik $1,5 \text{ A}$. Sebuah electron bergerak dengan kecepatan $5 \times 10^4 \text{ m/s}$ searah dengan arus dalam penghantar, pada jarak $0,1 \text{ m}$ dari penghantar itu. Jika muatan electron itu $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, maka besar gaya pada electron oleh arus dalam penghantar itu adalah ...
- A. $1,5 \times 10^{-20} \text{ N}$
 - B. $2,4 \times 10^{-20} \text{ N}$
 - C. $3,2 \times 10^{-19} \text{ N}$
 - D. $4,2 \times 10^{-19} \text{ N}$
 - E. $5,0 \times 10^{-19} \text{ N}$

~ Selesai, Terimakasih ~

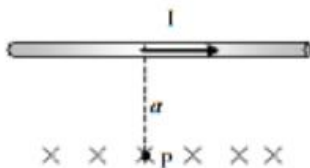
APPENDICES 20
PHYSICS BOOK FOR AUTODIDACT LEARNING TYPE

A. Medan Magnet oleh Kawat Berarus

Gambar 5.1
Pengaruh kawat berarus terhadap kompas



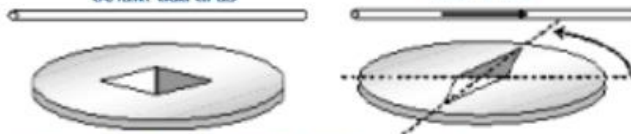
Gambar 5.2
Kaidah tangan kanan. Arah induksi magnet masuk bidang, gambar disimbolkan ⊗ dan keluar bidang, gambar disimbolkan ⊙



Gambar 5.3
Kawat lurus panjang berarus. Di titik P, induksi masuk bidang gambar (X)

Pada awalnya orang menemukan bahwa logam-logam tertentu dapat dibuat sebagai magnet. Magnet inilah yang dapat menimbulkan medan magnet. Magnet ini ada yang berbentuk batang, jarum dan ladam. Batang magnet ini memiliki dua kutub yaitu kutub utara U dan kutub selatan S. Dua kutub sejenis akan tolak menolak dan kutub tidak sejenis akan tarik menarik.

Pada tahun 1820 seorang ilmuwan Denmark, *Hans* belum ada arus



Christian Oersted (1777-1857) menemukan suatu gejala yang menarik. Saat jarum kompas diletakkan di sekitar kawat berarus ternyata jarum kompas menyimpang. Kemudian disimpulkan bahwa di sekitar kawat berarus timbul medan magnet. Medan magnet oleh kawat berarus inilah yang dinamakan induksi magnet.

Induksi magnet merupakan besaran vektor arahnya dapat ditentukan dengan menggunakan kaedah tangan kanan. Lihat *Gambar 5.2*. Ibu jari sebagai arah arus *I* dan empat jari lain sebagai arah induksi magnet *B*. Sedangkan besaran induksi magnetnya dipengaruhi oleh kuat arusnya *I*, jarak titik ke penghantar dan bentuk penghantarnya. Perhatikan penjelasan berikut.

1. Kawat Lurus Panjang Berarus

Induksi magnet di sekitar kawat lurus panjang sebanding dengan kuat arus *I* dan berbanding terbalik dengan jaraknya *a*. Konstanta pembandingnya adalah

$\frac{\mu_0}{2\pi}$. Perhatikan persamaan berikut.

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} \dots\dots\dots (5.1)$$

- dengan :
- B_p = induksi magnet di titik P (wb/m²)
 - i = kuat arus listrik (A)
 - a = jarak titik P ke kawat (m)
 - μ_0 = permeabilitas hampa ($4\pi \cdot 10^{-7}$ wb/A.m)

CONTOH 5.1

Dua kawat lurus panjang berarus listrik sejajar dengan jarak 15 cm. Kuat arusnya searah dengan besar $I_A = 10 \text{ A}$ dan $I_B = 15 \text{ A}$. Tentukan induksi magnet di suatu titik C yang berada diantara kedua kawat berjarak 5 cm dari kawat I_A .

Penyelesaian

$$I_A = 10 \text{ A}$$

$$I_B = 15 \text{ A}$$

$$a_A = 5 \text{ cm}$$

$$a_B = 10 \text{ cm}$$

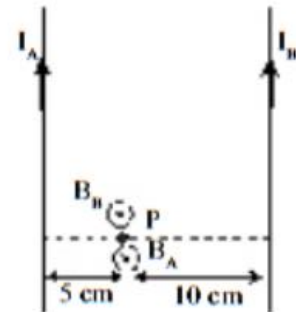
Letak titik C dapat dilihat seperti pada Gambar 5.4. Sesuai kaedah tangan kanan arah induksi magnetnya berlawanan arah sehingga memenuhi :

$$B_C = B_A - B_B$$

$$= \frac{\mu_0 I_A}{2\pi a_A} - \frac{\mu_0 I_B}{2\pi a_B}$$

$$= \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_A}{a_A} - \frac{I_B}{a_B} \right)$$

$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \left(\frac{10}{5 \cdot 10^{-2}} - \frac{15}{10^{-1}} \right) = 10^{-5} \text{ wb/m}^2$$



Gambar 5.4

Induksi magnet di suatu titik oleh dua kawat berarus. B_B keluar bidang dan B_A masuk bidang.

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

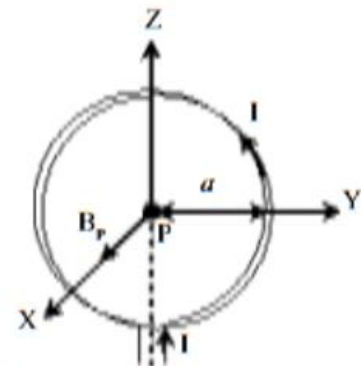
Dua kawat lurus panjang A dan B berjarak 10 cm satu sama lain. Keduanya dialiri arus sebesar $I_A = 2 \text{ A}$ dan $I_B = 3 \text{ A}$. Tentukan :

- Induksi magnet di titik tengah antara kedua kawat,
- letak titik yang induksi magnetnya nol!

2. Kawat Melingkar Berarus

Perhatikan Gambar 5.5. Sebuah kawat dilingkar-lingkarkan kemudian dialiri arus, jari-jari a dan terdapat N lilitan. Sesuai kaedah tangan kanan, induksi magnet di pusat lingkaran P arahnya ke sumbu X positif. Besarnya induksi magnet sebanding dengan kuat arus I dan berbanding terbalik dengan a . Konstanta pembandingnya $\frac{\mu_0}{2}$.

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{2a} \text{ N} \dots\dots\dots (5.2)$$



Gambar 5.5

Induksi magnet di pusat lingkaran.

CONTOH 5.2

Kawat melingkar terdiri dari 50 lilitan dialiri arus sebesar 5 A. Jari-jari lingkaran 15 cm. Tentukan besar induksi magnet di pusat lingkaran tersebut.

Penyelesaian

$$I = 5 \text{ A}$$

$$N = 50$$

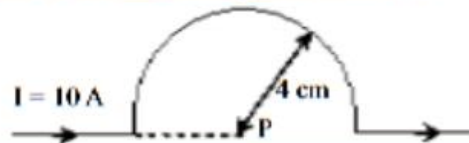
$$a = 15 \text{ cm} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Induksi magnet di pusat lingkaran memenuhi :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{\mu_0 i}{2a} N \\ &= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot 15 \cdot 10^{-2}} \cdot 50 = 3,3\pi \cdot 10^{-4} \text{ wb/m}^2 \end{aligned}$$

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

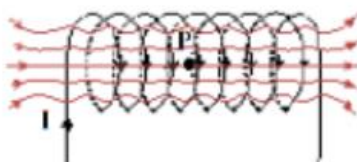
Sebuah kawat dibuat setengah lingkaran seperti gambar di bawah. Jika dialiri arus 10 A maka tentukan arah dan besar induksi magnet di titik P.

**3. Solenoida Berarus**

Solenoida adalah nama lain dari kumparan yang dipanjangkan, lihat *Gambar 5.6*. Kuat medan magnet pada titik yang berada di pusat sumbu solenoida memenuhi persamaan berikut.

$$B_p = \mu_0 i n$$

$$\text{dan } n = \frac{N}{\ell} \dots\dots\dots (5.3)$$



Gambar 5.6
Solenoida berarus

CONTOH 5.3

Sebuah solenoida jari-jarinya 2 mm dan panjangnya 50 cm memiliki 400 lilitan. Jika dialiri arus 2 A maka tentukan induksi magnet di titik tengah suatu solenoida!

Penyelesaian

$$\ell = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$N = 400$$

$$I = 2 \text{ A}$$

Induksi magnet di titik tengah suatu solenoida sebesar :

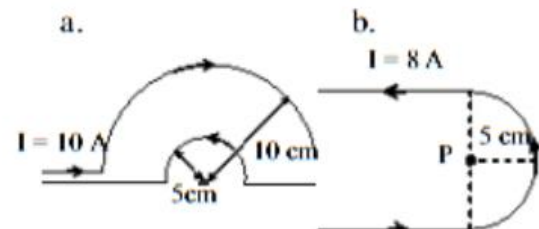
$$\begin{aligned} B &= \mu_0 i n \\ &= 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot \left(\frac{400}{0,5} \right) \\ &= 6,4\pi \cdot 10^{-4} \text{ wb/m}^2 \end{aligned}$$

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

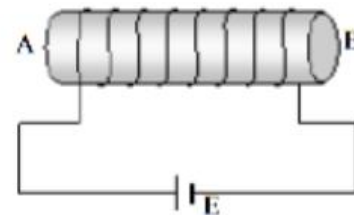
Kuat arus 5 A dialirkan pada solenoida yang memiliki kerapatan lilitan 1000 lilitan/m. Tentukan kuat medan magnet di titik tengah suatu solenoida.

**LATIHAN 5.1**

- Kawat lurus panjang berarus listrik 5 A diarahkan mendatar dari selatan ke utara. Tentukan arah dan besar induksi magnet pada titik yang berjarak 4 cm di :
 - atas kawat,
 - bawah kawat,
 - di timur kawat,
 - di barat kawat.
- Dua kawat lurus panjang berjarak 8 cm satu dengan yang lain. Kedua kawat dialiri arus $I_1 = 5 \text{ A}$ dan $I_2 = 6 \text{ A}$. Tentukan kuat medan listrik di titik yang berjarak 2 cm dari I_1 dan 6 cm dari I_2 .
- Kawat A berarus 6 A dan kawat B berarus 8 A dipasang sejajar pada jarak 14 cm. Tentukan letak suatu titik yang memiliki kuat medan magnet nol jika :
 - arusnya searah,
 - arusnya berlawanan arah!
- Tentukan induksi magnet di titik P pada kawat-kawat berarus seperti di bawah.



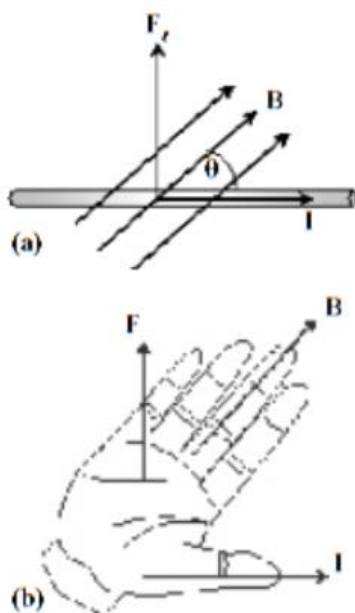
- Sebuah solenoida dihubungkan dengan sumber arus seperti gambar di bawah. Solenoida itu dapat menjadi magnet. Tentukan kutub-kutub magnet yang terjadi !



- Suatu solenoid memiliki panjang 1,5 meter dengan 500 lilitan dan jari-jari 5 mm. Bila solenoid itu dialiri arus sebesar 0,2 A, tentukanlah induksi magnet di tengah solenoid ! ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/Am}$)

B. Gaya Lorentz

Sudah tahukah kalian dengan gaya Lorentz ? Di SMP kalian sudah belajar gaya ini. Gaya Lorentz merupakan nama lain dari gaya magnetik yaitu gaya yang ditimbulkan oleh medan magnet. Kapan akan timbul bila ada interaksi dua medan magnet, contohnya adalah kawat berarus dalam medan magnet, kawat sejajar berarus dan muatan yang bergerak dalam medan magnet. Cermati penjelasan berikut.



Gambar 5.7

1. Kawat Berarus dalam Medan Magnet

Pada setiap kawat berarus yang diletakkan dalam daerah bermedan magnet maka kawat tersebut akan merasakan gaya magnet. Gaya magnet atau gaya Lorentz merupakan besaran vektor. Arahnya dapat menggunakan kaedah tangan kanan seperti pada Gambar 5.7. Ibu jari sebagai arah I, empat jari lain sebagai arah B dan arah gaya Lorentz sesuai dengan arah telapak.

Besarnya gaya Lorentz sebanding dengan kuat arus I, induksi magnet B dan panjang kawat ℓ . Jika B membentuk sudut θ terhadap I akan memenuhi persamaan berikut.

$$F_L = B I \ell \sin \theta \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

dengan : F_L = gaya Lorentz (N)
 B = induksi magnet (wb/m²)
 I = kuat arus listrik (A)
 ℓ = panjang kawat (m)
 θ = sudut antara B dengan I

CONTOH 5.4

Sebuah kawat yang dialiri arus 3 A berada dalam medan magnet 0,5 tesla yang membentuk sudut 30°. Berapakah besar gaya Lorentz yang dirasakan kawat tersebut sepanjang 5 cm?

Penyelesaian

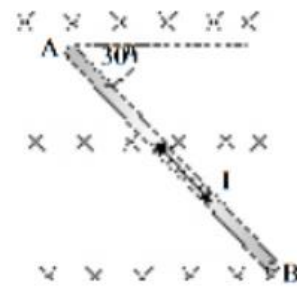
$I = 3 \text{ A}$
 $B = 0,5 \text{ tesla (1 tesla = 1 wb/m}^2\text{)}$
 $\theta = 30^\circ$
 $\ell = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Gaya Lorentz memenuhi :

$$\begin{aligned} F_L &= B I \ell \sin 30^\circ \\ &= 0,5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} \\ &= 3,75 \cdot 10^{-2} \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

Sebuah kawat berada dalam medan magnet seperti Gambar 5.8. Medan magnet homogen 2.10^{-3} wb/m^2 masuk bidang gambar. Jika kawat dialiri arus 6 A dan panjang $AB = 60 \text{ cm}$ maka tentukan besar dan arah gaya Lorentz yang dirasakan kawat AB.



Gambar 5.8

2. Kawat sejajar berarus

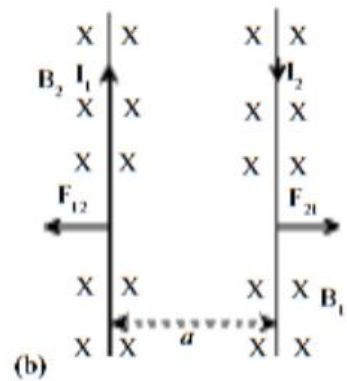
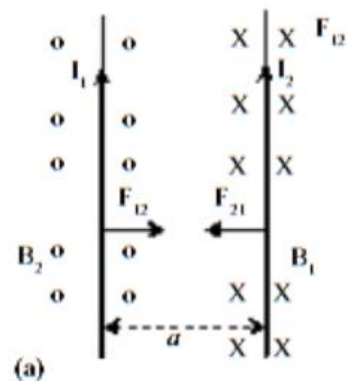
Di sekitar kawat berarus timbul induksi magnet. Apa yang akan terjadi jika kawat berarus lain didekatkan kawat pertama? Keadaan ini berarti ada dua kawat sejajar. Kawat kedua berada dalam induksi magnet kawat pertama, sehingga akan terjadi gaya Lorentz. Begitu juga pada kawat kedua akan menimbulkan gaya Lorentz pada kawat pertama. Gaya itu sama besar dan memenuhi persamaan berikut.

$$F_{21} = i_2 \ell B_1$$

$$\text{dan } B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi a}$$

$$F_{21} = F_{12} = i_2 \ell \left(\frac{\mu_0 i_1}{2\pi a} \right) \dots\dots\dots (5.5)$$

Bagaimanakah arahnya? Kawat sejajar yang diberi arus searah akan tarik menarik dan diberi arus berlawanan akan tolak menolak. Perhatikan Gambar 5.9. Bagaimana hal ini bisa terjadi? Tentukan dengan menggunakan kaedah tangan kanan.



Gambar 5.9

Gaya Lorentz pada kawat sejajar.

CONTOH 5.5

Diketahui dua buah kawat sejajar dialiri arus $I_A = 2 \text{ A}$ dan $I_B = 6 \text{ A}$ dengan arah berlawanan dan berjarak 8 cm. Tentukan gaya Lorentz yang dirasakan oleh kawat I_B sepanjang 20 cm karena pengaruh I_A !

Penyelesaian

- $I_A = 2 \text{ A}$
- $I_B = 6 \text{ A}$
- $a = 8 \text{ cm}$
- $l = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$

Gaya Lorentz I_B oleh I_A memenuhi :

$$F_{BA} = i_B \ell B_A$$

$$= i_B \ell \left(\frac{\mu_0 i_A}{2\pi a} \right)$$

$$= 6 \cdot 0,2 \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-2}} \right) = 6 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

Arahnya adalah tolak menolak karena arah arusnya sama.

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

Dua kawat sejajar lurus panjang berjarak 20 cm satu sama lain. Kedua kawat dialiri arus masing-masing $I_1 = 10\text{A}$ dan $I_2 = 20\text{ A}$ dengan arah berlawanan. Tentukan arah dan besar gaya Lorentz yang dialami kawat I_2 sepanjang 50 cm!

3. Gaya Lorentz pada Muatan Bergerak

Muatan bergerak dapat disamakan dengan arus listrik. Berarti saat ada muatan bergerak dalam medan magnet juga akan timbul gaya Lorentz. Arus listrik adalah muatan yang bergerak dan muatan yang dimaksud adalah muatan positif.

Gaya Lorentz yang dirasakan muatan positif dapat ditentukan dengan kaedah tangan kanan. Perhatikan Gambar 5.10. Ibu jari menunjukkan arah v , 4 jari lain menjadi arah B dan telapak arah gaya Lorentz. Bagaimana dengan muatan negatif? Coba kalian pikirkan!

Gaya Lorentz yang dirasakan oleh muatan bergerak tersebut memenuhi persamaan berikut.

$$F = q v B \sin \theta \dots\dots\dots (5.6)$$

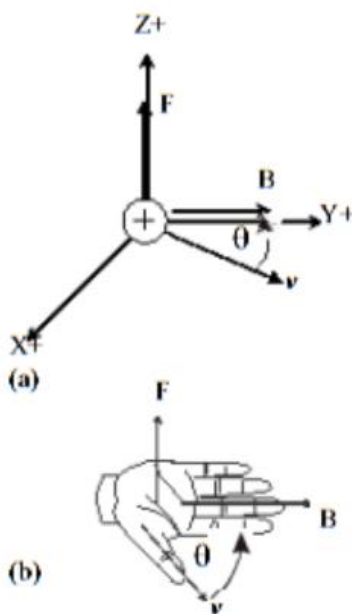
- dengan :
- F = gaya Lorentz (N)
 - q = muatan (C)
 - v = kecepatan muatan (m/s)
 - B = induksi magnet (wb/m²)
 - θ = sudut antara v dan B

CONTOH 5. 6

Sebuah partikel bermuatan $+5 \mu\text{C}$ bergerak membentuk sudut 30° terhadap medan magnet homogen $0,5 \text{ Wb/m}^2$ dan kecepatan partikel $4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ maka tentukan gaya Lorentz yang bekerja pada partikel!

Penyelesaian

$$q = +5 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$



Gambar 5.10
 (a) Pengaruh gaya Lorentz pada muatan bergerak (b) kaedah tangan kanan.

$$v = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$B = 0,5 \text{ Wb/m}^2$$

Besar gaya Lorentz pada muatan itu memenuhi :

$$F = q v B \sin \theta$$

$$= 5 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot \sin 30^\circ = 0,5 \text{ N}$$

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

Sebuah elektron ($e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$) bergerak dengan kecepatan 2000 m/s pada arah tegak lurus medan magnet 0,8 tesla. Tentukan gaya Lorentz yang dirasakan elektron tersebut!

Pengaruh Nilai θ

Perhatikan nilai gaya Lorent pada muatan yang bergerak. $F = qvB\sin \theta$. Nilai θ ini memiliki tiga kemungkinan. Perhatikan ketiga kemungkinan tersebut.

(a) Nilai $\theta = 0$.

Nilai $\theta = 0$ terjadi jika v sejajar B akibatnya nilai $F = 0$. Karena tidak dipengaruhi gaya maka muatannya akan bergerak lurus beraturan (GLB).

(b) Nilai $\theta = 90^\circ$.

Nilai $\theta = 90^\circ$ terjadi jika v tegak lurus B. Nilai $F = q v B$ dan selalu tegak lurus dengan v . Keadaan ini menyebabkan akan terjadi gerak melingkar beraturan (GMB). Jari-jarinya memenuhi persamaan berikut. Coba kalian pikirkan dari manakah dapat diperoleh.

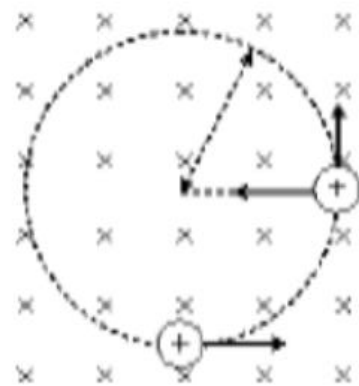
$$R = \frac{m v}{B q} \dots\dots\dots (6.11)$$

(c) Nilai $0 < \theta < 90^\circ$.

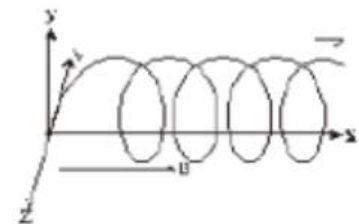
Nilai kemungkinan ketiga ini dapat menyebabkan terjadi perpaduan gerak GLB dan GMB dan terjadi gerak helix.

Muatan bergerak di sekitar kawat berarus

Masih ingat induksi magnet ? Kawat yang dialiri arus dapat menimbulkan medan magnet berarti muatan yang bergerak di sekitar kawat berarus sama dengan bergerak dalam medan magnet yaitu akan merasakan gaya Lorentz. Untuk memahaminya dapat kalian perhatikan contoh berikut.



(a)



(b)

Gambar 5.11

- (a) Muatan bergerak melingkar dalam medan magnet.
- (b) Muatan positif bergerak helix karena pengaruh B searah sumbu X

CONTOH 5.7

Sebuah kawat lurus panjang dialiri arus listrik 2 A. Jika terdapat sebuah proton bergerak dengan kecepatan 4×10^4 m/s searah arus dalam kawat pada jarak 2 cm dan muatan proton $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, maka tentukan besar dan arah gaya Lorentz pada proton tersebut!

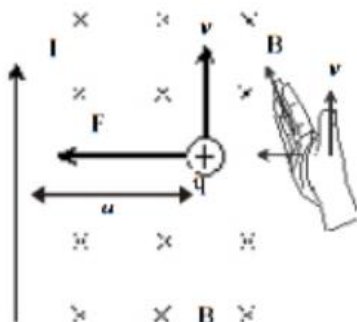
Penyelesaian

$i = 2 \text{ A}$
 $v = 4 \cdot 10^4 \text{ m/s}$
 $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 $a = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$

Arah gaya Lorentz dapat menggunakan kaedah tangan kanan dan hasilnya seperti pada Gambar 5.12.

Besar gaya Lorentz memenuhi :

$$\begin{aligned}
 F &= q v B \\
 &= q v \left(\frac{\mu_0 i}{2 a} \right) \\
 &= 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^4 \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 0,02} \right) \\
 &= 1,28 \cdot 10^{-19} \text{ N (mendekati kawat)}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.12

Setelah memahami contoh di atas dapat kalian coba soal berikut.

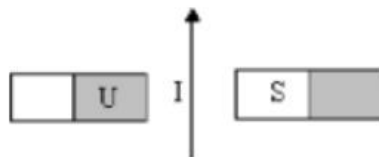
Sebuah penghantar lurus panjang dialiri arus listrik 4 A. Sebuah elektron bergerak dengan kecepatan 2×10^4 m/s berlawanan arah arus dalam penghantar dengan jarak 0,05 m dari penghantar itu. Jika muatan elektron $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C, maka tentukan besar dan arah gaya Lorentz pada elektron tersebut!

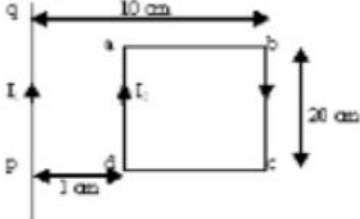


LATIHAN 5.2

1. Arus listrik sebesar 4 A mengalir melalui kawat penghantar. Kawat tersebut tegak lurus suatu medan magnetik $1,2 \text{ Wb/m}^2$. Berapakah gaya Lorentz yang dirasakan pada kawat sepanjang 20 cm !
2. Diantara dua buah kutub magnet U dan S ditempatkan sebuah kawat

berarus listrik I. Kawat tersebut akan mendapat gaya Lorentz, tentukan arah gaya Lorentz tersebut!



- Pada dua buah kawat sejajar yang masing-masing dialiri arus listrik yang sama besar, timbul gaya yang besarnya $2 \cdot 10^{-7}$ N/m. Jarak antara kedua kawat itu 1 meter. Berapakah besar arus dalam setiap kawat tersebut ?
- Pada gambar di bawah terlukis bahwa kawat panjang lurus pq dilalui arus listrik sebesar $I_1 = 10$ A dan kawat empat persegi panjang abcd dilalui arus $I_2 = 5$ A. Berapakah resultan gaya yang dialami kawat empat persegi panjang abcd ?
 
- Sebuah elektron bergerak dengan kecepatan 2×10^5 ms⁻¹ searah sumbu Y+ memotong medan magnet $0,8$ mWb/m² yang searah sumbu X+. Jika $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, maka tentukan besar dan arah gaya yang bekerja pada electron tersebut !
- Suatu partikel alpha ($m = 6,4 \cdot 10^{-27}$ kg dan $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C) bergerak tegak lurus terhadap medan magnet B yang arahnya masuk bidang gambar. Jika $B = 0,5$ T dan kecepatan partikel $4 \cdot 10^3$ m/s, maka tentukan jari-jari lintasannya !
- Sebuah partikel bermuatan $+ 8 \mu\text{C}$ bergerak sejajar dengan kawat berarus listrik 10 A. Jika jarak partikel ke kawat 5 cm dan laju partikel 5 m/s searah arusnya, maka tentukan besar dan arah gaya yang dialami partikel !

Rangkuman Bab 5

- Di sekitar kawat berarus timbul induksi magnet. Arahnya sesuai kaedah tangan kanan. Besarnya memenuhi :
 - Di sekitar kawat lurus panjang $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$
 - Di pusat lingkaran : $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$
 - Di tengah sumbu solenoida : $B = \mu_0 I n$
- Gaya Lorentz adalah gaya yang timbul akibat medar magnet.
 - Pada kawat berarus dalam medan magnet.
 $F = B i \ell \sin \theta$
 - Pada kawat sejajar berarus
 $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \ell$
 - Muatan yang bergerak dalam medan magnet.
 $F = B q v \sin \theta$