



Railway Engineering Principles

مبادئ هندسة السكك الحديدية
إعداد دكتور مهندس / محمد يوسف محسن

مصر - 2016

مقدمة

تُعد هندسة السكك الحديدية من الركائز الأساسية في منظومة النقل الحديثة، إذ تمثل شرياناً حيوياً للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتُجسد التكامل بين العلم والتقنية والتخطيط لتحقيق أعلى مستويات الكفاءة والأمان والاستدامة. ومع التطور المتسارع في تقنيات النقل والبنية التحتية، بات من الضروري تزويد المهندسين والدارسين بأسس علمية ومنهجية متكاملة لفهم هذا المجال الحيوي وإتقانه.

يأتي هذا الكتاب «مبادئ هندسة السكك الحديدية» ليكون مرجعاً أكاديمياً وتطبيقياً يقدم نظرة شاملة لمكونات هذا التخصص، من خلال ثلاثة فصول مترابطة تغطي الجوانب الأساسية لهندسة السكك الحديدية:

- **الفصل الأول: ديناميكية سير القاطرات**، ويتناول الأسس الفيزيائية والهندسية لحركة القطار، وتأثير القوى المؤثرة على الأداء والكفاءة.
 - **الفصل الثاني: هندسة تخطيط السكك الحديدية**، ويركّز على أسس اختيار المسارات والتصميم التخطيطي بما يضمن التشغيل الأمثل والسلامة العالية.
 - **الفصل الثالث: تصميم عناصر السكة**، ويقدم تحليلاً دقيقاً لمكونات البنية التحتية للسكة من قضبان وعوارض وبنية تحتية، مع عرض لأحدث المفاهيم والمعايير التصميمية.
- يهدف هذا العمل إلى ربط الجانب النظري بالتطبيق العملي، بما يساعد الطلاب والمهندسين والباحثين على فهم المبادئ الأساسية لهندسة السكك الحديدية وتوظيفها في مشروعات واقعية. تواكب متطلبات التطور الحديث في هذا المجال.
- أمل أن يسهم هذا الكتاب في إثراء المكتبة الهندسية العربية، وأن يكون لبنة إضافية في دعم التوجه نحو نقل ذكي ومستدام قائم على المعرفة والتقنية.

المؤلف

د. محمد يوسف محسن

القاهرة – 2016

تمهيد

شهد العالم خلال العقود الأخيرة تطورًا هائلًا في وسائل النقل بأنواعها، وكان نظام السكك الحديدية أحد أبرز مظاهر هذا التطور، لما يتميز به من كفاءة عالية في نقل الركاب والبضائع، واقتصادية في استهلاك الطاقة، إضافة إلى مساهمته في تقليل الانبعاثات وتحقيق التنمية المستدامة.

ولم يعد الاهتمام بالسكك الحديدية مقتصرًا على الدول الصناعية الكبرى فحسب، بل أصبح توجهًا عالميًا تتبناه مختلف الدول، لما لهذا القطاع من دور محوري في دعم الاقتصاد الوطني وتعزيز التكامل بين المدن والموانئ والمناطق الصناعية.

ومن هنا تأتي أهمية الإلمام بمبادئ هندسة السكك الحديدية باعتبارها الأساس الذي يقوم عليه تصميم وبناء وتشغيل وصيانة هذا النظام الحيوي. فالهندسة الدقيقة لمسار السكة، وحسابات القوى المؤثرة على القطار أثناء حركته، والتصميم الأمثل للعناصر الإنشائية — كلها عناصر مترابطة تحدد كفاءة النظام واستدامته.

يهدف هذا الكتاب إلى تقديم مدخل علمي ومنهجي لهذا التخصص، بأسلوب مبسّط ومنظم يساعد القارئ على بناء فهم متكامل للمفاهيم الأساسية قبل التعمق في التفاصيل التقنية. وقد حرص المؤلف على أن يجمع بين الدقة الأكاديمية والتطبيق العملي، ليكون الكتاب مفيدًا لكل من الطالب الجامعي، والمهندس الممارس، والباحث الراغب في التوسع في هذا المجال.

وبينما يتناول كل فصل من فصول الكتاب جانبًا محددًا من جوانب هندسة السكك الحديدية، فإنها جميعًا تشكل معًا لوحة متكاملة توضح كيف تتفاعل العلوم الهندسية المختلفة لتصميم وتشغيل منظومة نقل آمنة وفعّالة ومستدامة.

شكر وتقدير

بكل تقدير وامتنان، أود أن أعبر عن خالص شكري لكل من كان لهم دور في إنجاز هذا الكتاب ودعمني طوال رحلة تأليفه.

أولاً، أتوجه بعظيم الشكر والامتنان إلى والديّ العزيزين، اللذين كانا دائماً مصدر دعم وتشجيع لا ينضب. لقد علّمني قيم الاجتهاد والمثابرة، ووقفاً بجانبني في كل خطوة نحو تحقيق أهدافي الأكاديمية والمهنية.

كما أود أن أعبر عن امتناني العميق إلى مشرفي في رسالة الدكتوراه، على توجيهاته القيمة، وإلهامه المستمر، وصبره الكبير في تزويدي بالملاحظات العلمية التي ساعدتني على الوصول إلى مستوى متقدم من المعرفة والاحترافية في مجال هندسة السكك الحديدية.

لكم جميعاً، أقدم أسمى عبارات الامتنان، وأدعو أن يكون هذا الكتاب تعبيراً متواضعاً عن الفضل الكبير الذي حملتموه في مسيرتي، وعوناً لكل من يسعى للتعلم والتطوير في هذا المجال الحيوي.



Chapter 1 ... الفصل الاول

ديناميكية سير القطارات

Trains Rolling Dynamics

مقدمة

تستخدم السكة الحديد لخدمة حركة الركاب والبضائع داخل وبين والمدن والأقاليم.

مميزات النقل بالسكة الحديد :

- إنخفاض التكاليف : فهي ثاني أرخص وسيلة مواصلات بعد النقل البحري
- أكثر الوسائل امانا : وذلك من خلال اقل معدلات للحوادث في الظروف التشغيلية الطبيعية.
- المرونة واسرعة التي قد تصل الي 500 كم/ساعة كالقطار الطائر.

عيوب النقل بالسكة الحديد:

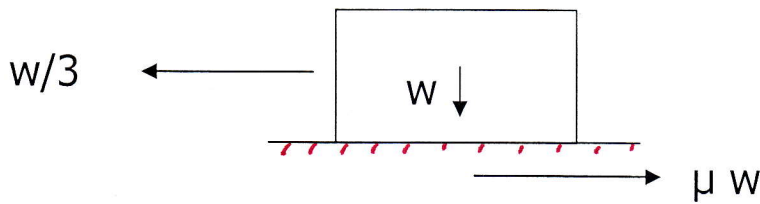
- حرية الحركة مقيدة في خط مستقيم.
- مسافة الفرملة.
- إرتفاع تكاليف الإنشاء.

فكرة السكة الحديد :

بدأت المراحل كالتالي (معامل الاحتكاك μ , والوزن w)

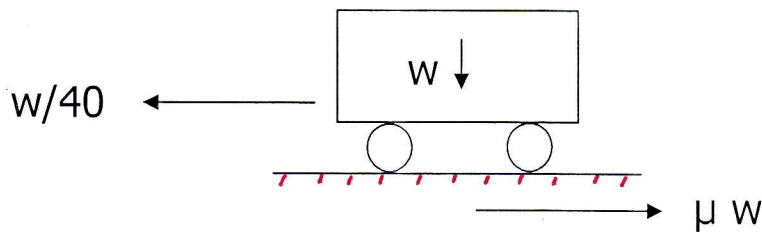
الحالة الأولي:

الحركة علي مستوي خشن والجسم غير دائري وعدد نقاط التماس لا نهائي.



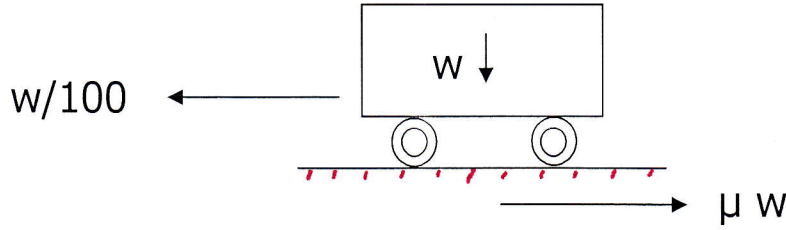
الحالة الثانية:

الحركة علي مستوي خشن والجسم دائري مسط من مادة غير معدنية (جذوع الشجر)



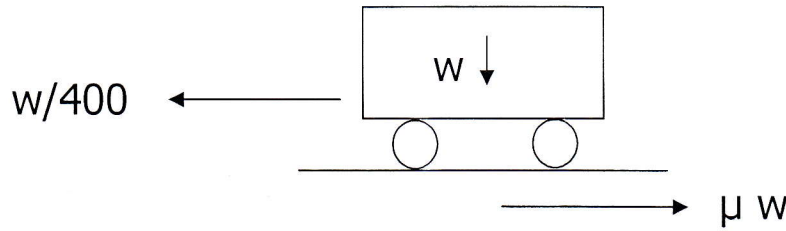
- الحالة الثالثة:

الحركة علي مستوي خشن والجسم دائري مفرغ مطاطي ومحمل بالهواء
(كاوتش السيارة)



- الحالة الرابعة:

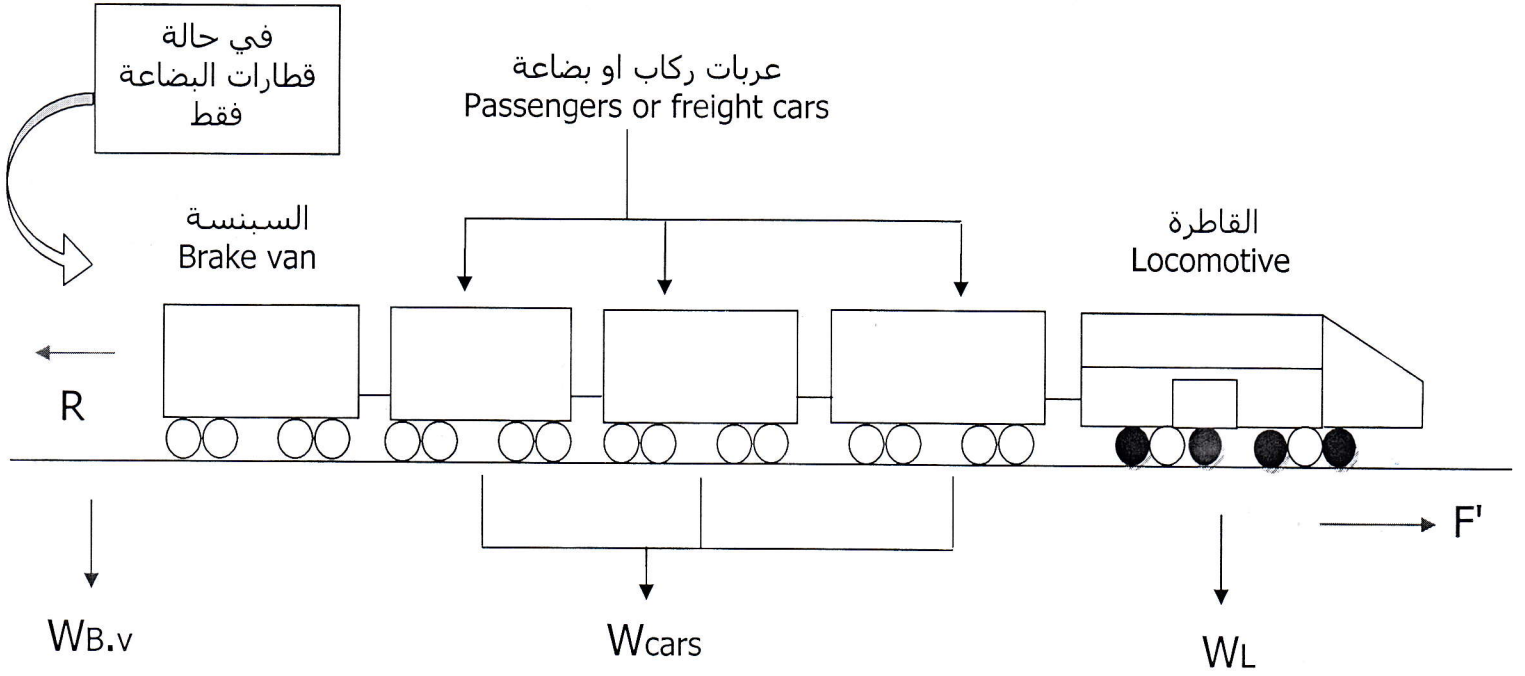
الحركة علي مستوي معدني والجسم دائري مصمت من الحديد والقضيب الذي
يتحرك عليه من الحديد ايضاً



علم السكة الحديد

هو العلم الذي يبحث في تحريك جسم معين علي عجل صلب ليتحرك علي قضيبين صلب

مكونات القطار



$$W_t = W_L + W_{cars} + W_{B.v}$$

الوزن الكلي للقطار = (وزن القاطرة) + (وزن العربات سواء ركاب او بضائع) + (وزن عربة السبنسة في حالة قطار البضائع فقط)

سؤال هام: ما هو الغرض من وجود السبنسة في قطار البضائع؟

- لتكون دليل للقطار حيث أن قطار البضائع طويل جدا يصل طوله الي 660 متراً فتكون مضادة وذلك لتمييز إنتهاء القطار عند مروره ليلاً.

- تكون دائماً مفرملة للقطار.

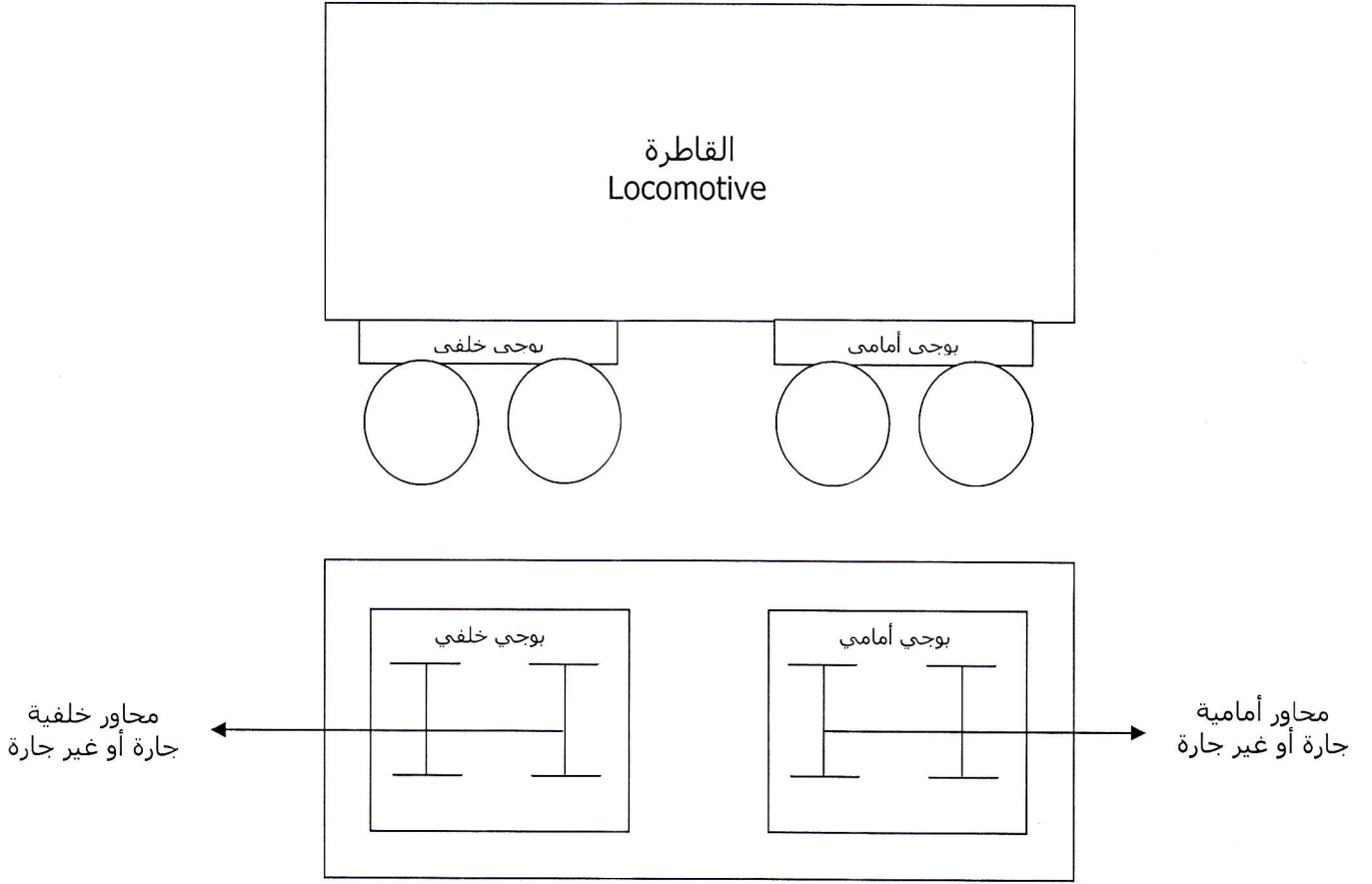
ملاحظة هامة: أثناء سير القطار يكون متحركاً بقوة من القاطرة ويتعرض في نفس الوقت لمجموعة من المقاومات.

F': Force , ΣR : Resistance

مقارنة بين قطار الركاب وقطار البضائع

وجه المقارنة	قطار الركاب	قطار البضائع
= W_t	$W_L + (n)W_{cars} \dots\dots\dots \text{Ton}$	$W_L + (n)W_{cars} + W_{B.v} \dots\dots \text{Ton}$
الطول	لا يزيد عن 200 متر	لا يزيد عن 660 متر
عدد العربات	lower limit 6 - 8 Upper limit 12 - 14	lower limit 10 - 15 Upper limit 30 - 35
السرعة	60 - 140 Km/hr	30 - 70 Km/hr
وزن العربة	40 - 50 ton	وزن العربة فارغ 10 - 25 طن الحمولة فقط 70 - 15 طن

مكونات القاطرة



المحور الجار: هو المحور المتصل بالموتور.

المحور الغير جار : هو المحور الغير متصل بالموتور.

$$W_L = W_{L1} + W_{L2}$$

وزن القاطرة = (الوزن الواقع علي المحاور الغير جارة) + (الوزن الواقع علي المحاور الجارة)

$$W_{L1} = \frac{\text{عدد المحاور الغير جارة}}{\text{عدد المحاور الكلي}} \times W_L$$

$$W_{L2} = \frac{\text{عدد المحاور الجارة}}{\text{عدد المحاور الكلي}} \times W_L$$

طراز القطارات

- A: عدد واحد محور جار متصل بالموتور
- B: محورين متتاليين جارين متصلين بالموتور
- C: ثلاثة محاور جارة متتالية متصلة بالموتور
- 1: عدد واحد محور غير جار وغير متصل بالموتور
- 2: محورين غير جارين وغير متصلين بالموتور

مثال

المحاور الغير جارة		المحاور الجارة		الوزن الواقع علي المحاور	عدد المحاور الكلي	وزن القاطرة given	الرسم التوضيحي	الطراز given
الوزن الواقع	عدد	الوزن الواقع	عدد					
44	2	88	4	22	6	132		A1A-A1A
0	0	100	4	25	4	100		B-B
20	1	100	5	20	6	120		A1A-C

● محور جارة

○ محور غير جارة

نهاية المحاضرة الاولى

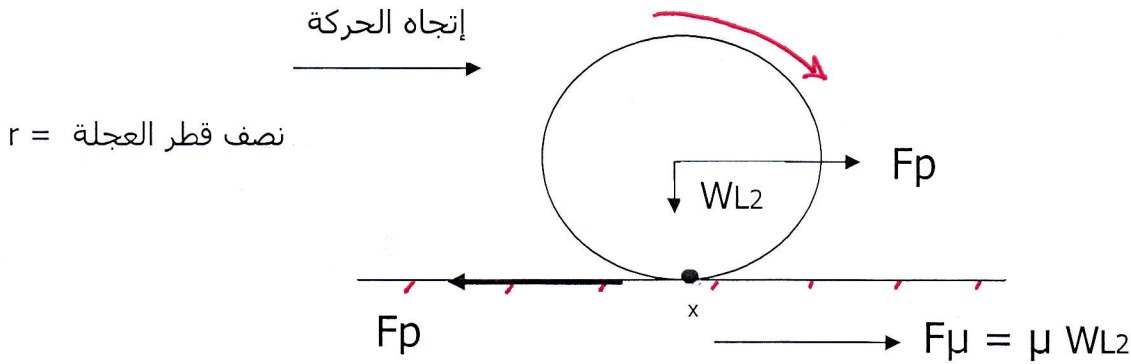
الاربعاء 17.02.2016

م / محمد يوسف

القوى المؤثرة علي السكة الحديد

قوة الموتور (قوى الحر F_p): هي القوة المتولدة من البخار أو الاحتراق الداخلي او بالموتورات الكهربائية

قوة التماسك للقاطرة (F_μ): تعتمد هذه القوة علي معامل الاحتكاك μ ووزن العجل W حيث ان الإحتكاك الناتج من دوران العجل هي قوي تؤدي الي الحركة الإنتقالية.

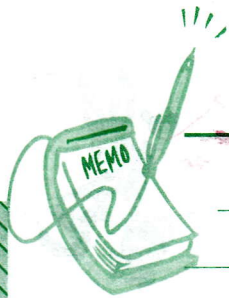


كيف تتحرك عجل القطار علي القضبان؟

- يخرج من موتور القاطرة القوة F_p التي تتسبب في دوران العجل فقط.
- عند دوران العجلة فإنه عند النقطة x يحدث احتكاك بين العجلة والسطح فتكون هناك مقاومة لحركة الدوران يتولد عنها قوة أفقية F_μ فتحول الحركة الدائرية للعجل الي حركة إنتقالية أفقية.
- لذا نستطيع القول بأنه بدون أحد القوتين F_p & F_μ لن تتحرك القاطرة أبداً

$F_\mu =$ قوة	$F_p \times r =$ ازدواج	العجلة تقع تحت تأثير قوتين المسببين للحركة
---------------	-------------------------	--

- - عند بداية الحركة تعتبر النقطة x مركز دوران لحظي والتي يجب ان تكون السرعة عندها تساوي صفر أي أنه يجب ان تتساوي كل من F_p & F_μ وإلا ستقفز العجلة علي القضيب (مثال الطائرة عند الهبوط).



Date

No.

① قوة المحرك : F_p $\therefore$ القدرة = القوة $\times$ السرعة

$$\therefore \text{Power} = F_p \cdot S$$

$$\rightarrow \text{السرعة (M/sec)} \Rightarrow \frac{S}{3.6} \text{ km/hr}$$

$$\eta_{HP} = \frac{\text{Power}}{75} \Rightarrow \frac{F_p \cdot S}{75} \Rightarrow \frac{F_p \cdot S}{75 \times 3.6} = \frac{F_p \cdot S}{270}$$

$$\therefore \eta \rightarrow \left(\begin{array}{l} \text{معامل كفاءة} \\ \text{قدرة القاطرة} \end{array} \right) = 0.8148$$

$$F_p = \frac{270 \times 0.8148 \text{ HP}}{S} \Rightarrow \left(F_p = \frac{220 \text{ HP}}{S} \right) \text{ --- Kg}$$

 S : سرعة القطار km/hr HP : قدرة القاطرة بالحصان② قوة القاسك : F_μ

$$(F_\mu = \mu W_{L2}) \text{ --- Kg}$$

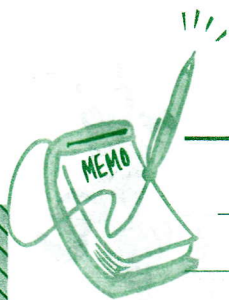
$$* W_{L2} \rightarrow \text{الوزن الواقع على المحاور الخلفية} \text{ --- Ton}$$

$$* \mu (\text{معامل الاحتكاك}) \rightarrow \left(\frac{9000}{42 + S} + 116 \right) \text{ --- Kg / ton}$$

ومن المعادلة أعلاه يتضح أن المحامل μ يتغير مع كل من

حالة سطح التزليج

- سرعة القاطرة S



Date

No.

من خلال العزائم السابقة F_μ & F_p

(توجد علاقات عامة)

$$F_\mu = \mu W L_2 \text{ --- Kg}$$

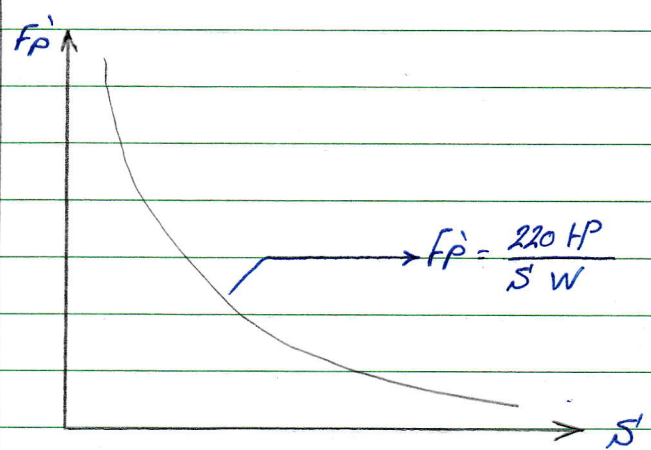
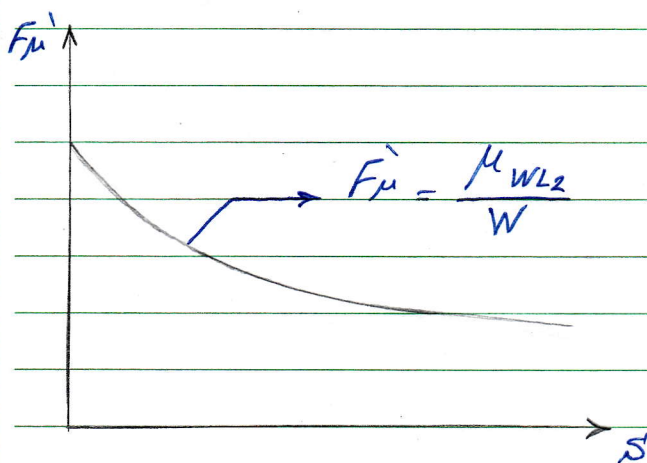
$$F_p = \frac{220 \text{ HP}}{S} \text{ --- Kg}$$

$$F_\mu' = \frac{F_\mu}{W} \text{ : قوة القاسم النوعية}$$

$$\frac{F_p}{W} = F_p' \text{ : قوة المحرك النوعية}$$

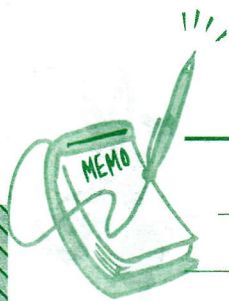
$$F_\mu' = \frac{\mu W L_2}{W} \text{ --- Kg / ton}$$

$$F_p' = \frac{220 \text{ HP}}{S W} \text{ --- Kg / ton}$$

الوزن W الى القطار :-الوزن W الى القطار :-

العلاقة بين قوة القاسم النوعية
والسرعة
(مثال إقلاع الطائرة)
أو القطار الطائر

العلاقة بين قوة المحرك النوعية
والسرعة



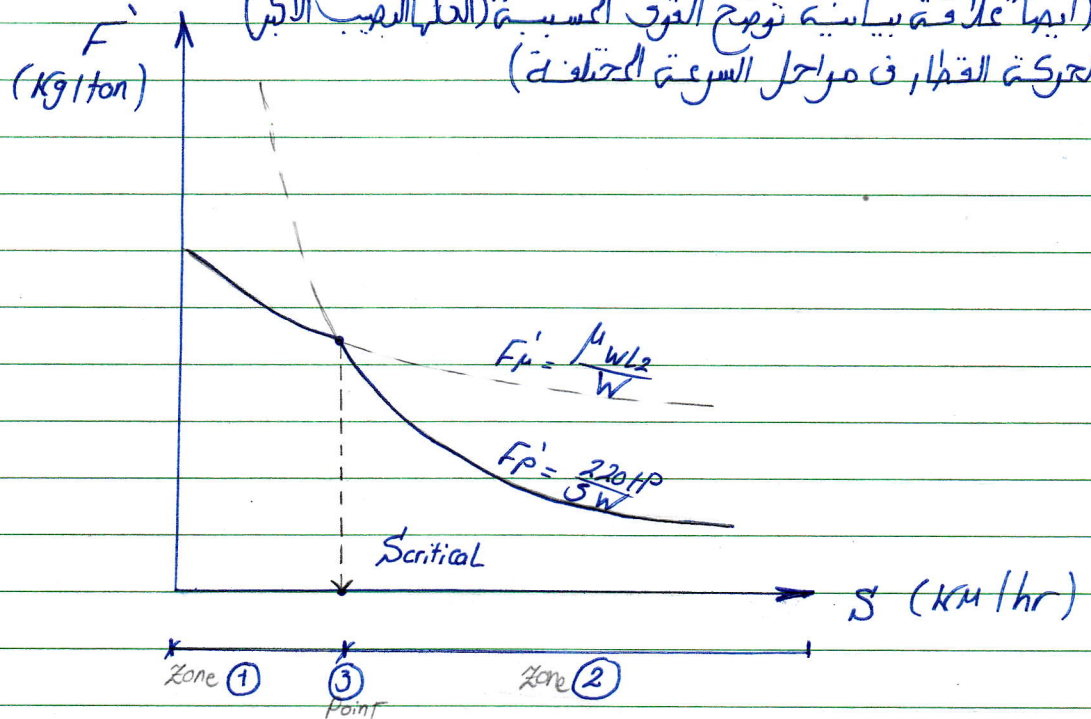
Date

No.

وبقشر المنحنين السابقين
على منحنى واحد

* (العلاقة بين القوة النوعية الكلية
والسرعة)

* (أيضا "علاقة بيانية توضح القوى المسيطرة (القطر الذهب الأكبر)
لحركة القطار في مراحل السرعة المختلفة)



من العلاقة لدينا ٣ حالات ← (فترة العلاقة هي تحريك القطار والوصول إلى سرعات عالية
بأقل قوة نوعية ممكنة)

$$S < S_{critical} \quad ①$$

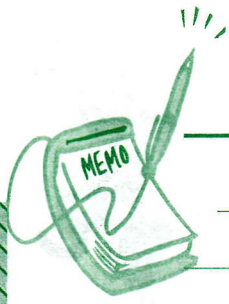
حيث لا يجب أن تكون $F_p' < F_r'$ والاستغفر العجاجة من على القصيد وبالتالي يجب تخفيف
قدرة الموتور ويكون الجزء الخاص بقوة القاسل هو المستفاد منه عالياً

$$S > S_{critical} \quad ②$$

الجزء الخاص بقوة القاسل غير مستفاد منه عالياً وبالتالي المستفاد منه قوة الموتور

$$S = S_{critical} \quad ③$$

السرية القادرة على الاستغفار بامل قدرة الموتور
← بيانياً: في النقطة التي تتحول عندها القوى المحركة للقطار من قوى
القاسل إلى قوى الجبر وغالباً لا تزيد عن 20 km/hr - 5



Date

No.

* والإيجازية S_{cr} تيف مسارة
 $F_p' = F_m'$
 $S_{cr} = 11 \text{ km/hr}$

* في الحسابات، انما نأخذ القيمة الأقل من F_p' و F_m'

نهاية المحاضرة الثانية

الأشهر 22.02.2016

محمد يوسف



Date

No.

المقاومة

① مقاومة السير والقفاز النوعية (R_{r+a}) Kg/Ton

- تحدث مقاومة السير بسبب احتكاك العجل أثناء الحركة $R_{rolling}$ ←

- أثناء الحركة يحدث احتراق من القطار للسور ويبدأ تدريجياً يزل محل السور في الفراغ فتحدث مقاومة R_{air} ← لا تتوقف على اتجاه الرياح إطلاقاً

↑ مقاومة السير والقفاز للقاطرة $R_{(r+a)_L}$

$$R_{(r+a)_L} = \left[2.5 WL_1 + 5 WL_2 + 4 \left(\frac{S+15}{10} \right)^2 \right] / WL \rightarrow \textcircled{1}$$

where :

WL_1 : → الوزن الواقع على المحاور الغير حارة
 WL_2 : → الوزن الواقع على المحاور الحارة
 S : → سرعة القاطرة Km/hr
 WL : → الوزن الكلي للقاطرة بالطن

مثال

احسب مقاومة السير والقفاز النوعية لقاطرة طراز (AIA-C) اذا كان وزنها 132 طن وسرعتها 140 Km/hr

الحل



AIA-C

$$22T = \frac{132}{6} = \text{الوزن الواقع على كل محور}$$

$$WL_1 = 22 \times 1 = 22$$

$$WL_2 = 22 \times 5 = 110$$

$$S = 140, \quad WL = 132$$

$$\therefore R_{(r+a)_L} = \left[2.5(22) + 5(110) + 4 \left(\frac{140+15}{10} \right)^2 \right] / 132 = 6.40 \text{ Kg/ton}$$



Date

No.

(ب) مقاومة السير والهواء النوعية لعربات الركاب $R_{(r+a)p}$ Kg/ton

$$R_{(r+a)p} = 1.9 + bS + \left[\frac{0.48}{n \cdot W_c} (n + 2.7) C \left(\frac{S + 15}{10} \right)^2 \right] \dots \text{Kg/ton} \rightarrow ②$$

where:-

 S :- سرعة القطار Km/hr

b :- معامل يأخذ في الاعتبار عدد المحاور

0.007	محورين	
0.004	3 محاور	
0.0025	2 محاور (bogie)	

 n :- عدد العربات W_c :- وزن العربة بالطن

C :- معامل يأخذ في الاعتبار حالة العربة

1.45	جديدة
1.55	قديمة

* في حالة عدم ذكر:-

عدد المحاور $\leftarrow$ تأخذ 0.0025 $\leftarrow$ 2 محاور (bogie)
حالة العربة $\leftarrow$ تأخذ 1.45 $\leftarrow$ جديدة

مثال

احسب مقاومة السير والهواء النوعية لعربات الركاب ذات محاور (bogie) اذا كانت سرعة القطار 130 Km/hr ووزن العربة 40 T وعدد محاور 12 عربة

الحل

$$S = 130 \text{ Km/hr}, n = 12, W_c = 40 \text{ T}, b = 0.0025, C = 1.45$$

$$\therefore R_{(r+a)p} = 1.9 + (0.0025 \times 130) + \left[\frac{0.48}{12 \times 40} (12 + 2.7) (1.45) \left(\frac{130 + 15}{10} \right)^2 \right] = 6.70 \text{ Kg/ton}$$



Date

No.

 $R_{(r+a)f}$

ج - مقاومة السير والفرق النوعية لعربات البضائع

$$R_{(r+a)f} = 2 + (0.007 + a) \left(\frac{S+15}{10} \right)^2 \text{ Kg/Ton} \rightarrow (3)$$

S : → السرعة Km/hr

معامل يأخذ في الاعتبار

a : -

0.1 فارغ

حالة تشغيل القطار

0.05

متنوع

(Jemi Loaded)

0.032

محمل

$$\therefore R_{(r+a) \text{ Train}} = \frac{W_L \times R_{(r+a)L} + W_C \times R_{(r+a)f}}{W_L + W_C} \text{ Kg/Ton} \rightarrow (4)$$

مقاومة السير والفرق النوعية للقطار بأكمله
كوحدة واحدة

where :-

 W_L : - وزن القاطرة بالطن $R_{(r+a)L}$: - مقاومة السير والفرق النوعية للقاطرة Kg/ton W_C : -وزن عربات الركاب (في حالة انما قطار ركاب) = العدد $\times$ وزن كل عربةوزن عربات البضائع (محمل - فارغ - متنوع) = العدد $\times$ وزن كل عربة $R_{(r+a)p}$: - مقاومة السير والفرق النوعية لعربات الركاب $R_{(r+a)f}$: - مقاومة السير والفرق النوعية لعربات البضائعx في حالة عدم إعطاء أي بيانات تختص القطار بغير السرعة وسرعة الرياح تكون معادلة حساب
مقاومة السير والفرق النوعية للقطار كاملاً "كالاتي"

$$R_{(r+a) \text{ Train}} = 2.2 + 3 \left(\frac{S + \Delta S}{100} \right)^2 \text{ Kg/ton} \rightarrow (5)$$

where :-

S : - سرعة القطار Km/hr

 ΔS : - سرعة الرياح القصوى وان لم تعطي

15 Kph



Date

No.

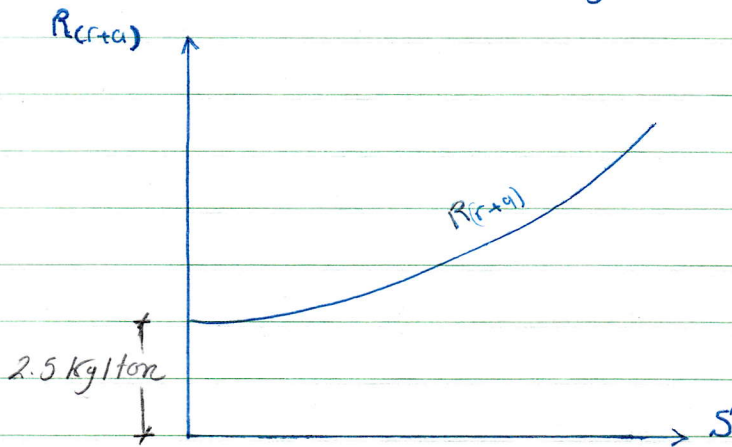
ملاحظة عامة

المعادلات (1)، (2)، (3) ← Given

ولكن يجب حفظ قيم المعاملات بهم

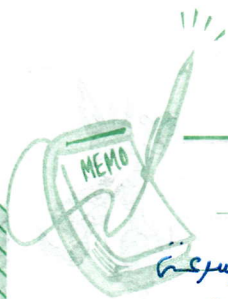
المعادلة (4)، (5) ← حفظا

العلاقة بين السرعة ومقاومة السير



في المعطيات يجب
الانزياح الجلي عن 2.5%

ركبة السيارات
فمثلا



Date

No.

سؤال

احسب مقاومة السير والفرع النوعية لقطار بضائع طراز قاطرتة C-C يسير بسرعة 70 Kph وزنها 132 T ويتركب من 4 عربات (وزن العربة فارغ 25 ton) ووزن التحملة (65 Ton) في الحالات الآتية

① - القطار فارغ من البضائع إلى حلوان
② - القطار محمل من حلوانه للبضائع

الحل

- مقاومة السير والفرع للقاطرة طراز C-C، عدد المحاور 6

$$R_{(r+a)_L} = \left(2.5 \times 0 + 5 \times 132 + 4 \left(\frac{70+15}{10} \right)^2 \right)$$

$$= 7.18 \text{ Kg/ton}$$

- مقاومة السير والفرع النوعية لعربات البضائع وفي فارغة

$$R_{(r+a)_F} = 2 + (0.007 + 0.1) \left(\frac{70+15}{10} \right)^2$$
$$= 9.73 \text{ Kg/ton}$$

- مقاومة السير والفرع والقطار فارغ

$$R_{(r+a)} = \frac{W_L \times R_{(r+a)_L} + W_C \times R_{(r+a)_F}}{W_L + W_C}$$

Empty train
القطار فارغ

$$= \frac{(132 \times 7.18) + (21 \times 25)(9.73)}{132 + (21 \times 25)} = 9.21 \text{ Kg/ton}$$

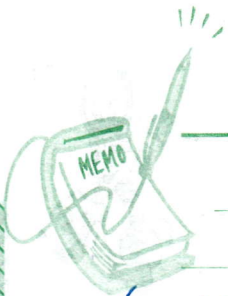
- مقاومة السير والفرع النوعية لعربات البضائع وفي محملة

$$R_{(r+a)_F} = 2 + (0.007 + 0.032) \left(\frac{70+15}{10} \right)^2$$
$$= 4.81 \text{ Kg/ton}$$

- مقاومة السير والفرع والقطار محمل

$$R_{(r+a)} = \frac{(132 \times 7.18) + (21 \times 90)(4.81)}{132 + (21 \times 90)} = 4.96 \text{ Kg/ton}$$

Loaded train
القطار محمل

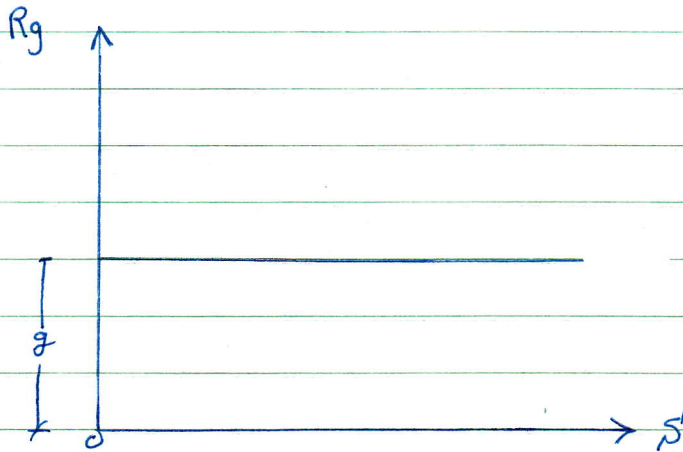


② مقاومة الميل أو الانحدار $R_{grade} \dots \text{kg/ton}$

- أثناء حركة القطار على منحدر (مرحلة الصعود) يواجه مقاومة (الحركة عكس الجاذبية) فتكون R_g موجبة

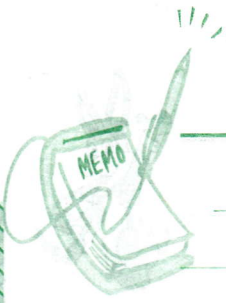
- أثناء حركة القطار على منفرج (مرحلة النزول) لا يواجه مقاومة (الحركة مع الجاذبية) فتكون R_g سالبة وتعتبر قوة مساعدة

$$R_g = g \dots \text{kg/ton}$$



العلاقة بين السرعة ومقاومة الميل (الانحدار)

تكون ثابتة وغير معتمدة على السرعة حيث يكون الميل دائما بنسبة ٥ الألف ‰

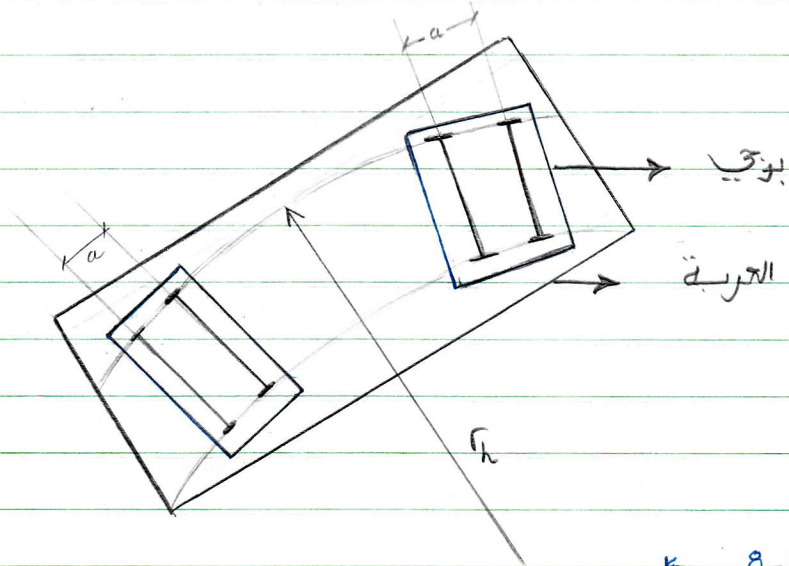


Date

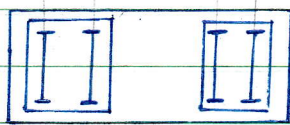
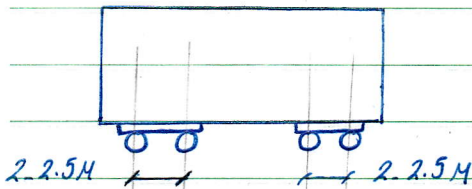
No.

٣) مقاومة المنحني R_{curve} (R_c) kg/Ton

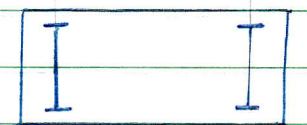
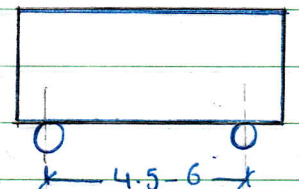
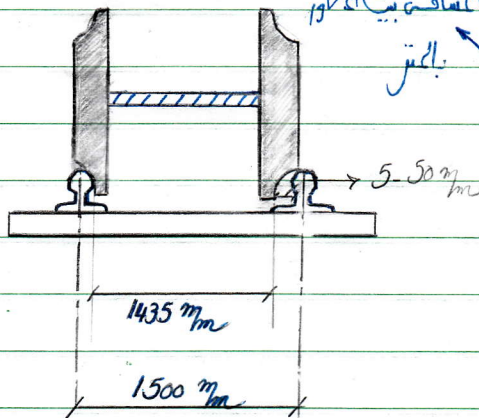
تنتج هذه المقاومة من احتكاك شدة العجل بسطح تيجان القضبان عند المنحنيات



8-10m



عربة بوجي
Bogie Trailer



عربة ذات محورين
Dual Axle trailer



Date

No.

لحساب R_c عدة معادلات

① معادلة الانتشار الوزني

$$R_c = \frac{233.2 + 103.4 a}{r_h} \text{ Kg/ton}$$

هذه المعادلة تكون معطاه و يتم الحل بها إلا إذا طلب غير ذلك

$$R_c \propto \frac{1}{r_h}$$

حيث أن المسافة بين المحاور بالمتر a :

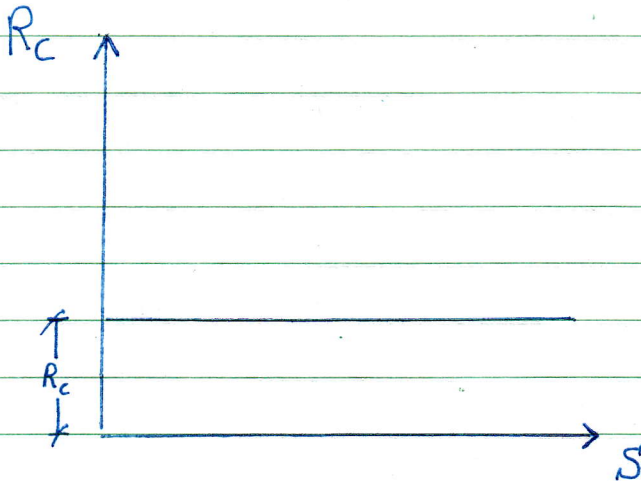
نصف قطر المنحنى r_h :

$$R_c = \frac{630}{r_h} \text{ Kg/ton}$$

⑤ المعادلة الأمريكية

حافة

لا يتم الحل بهذه المعادلة إلا أن يتم طلب غير ذلك



العلاقة بين السرعة ومقاومة المنحنى تكون ثابتة وغير معتمدة على السرعة

* ملحوظة هامة

من المعادلات أعلاه نجد أن العلاقة بين مقاومة المنحنى ونصف قطر المنحنى هي علاقة عكسية

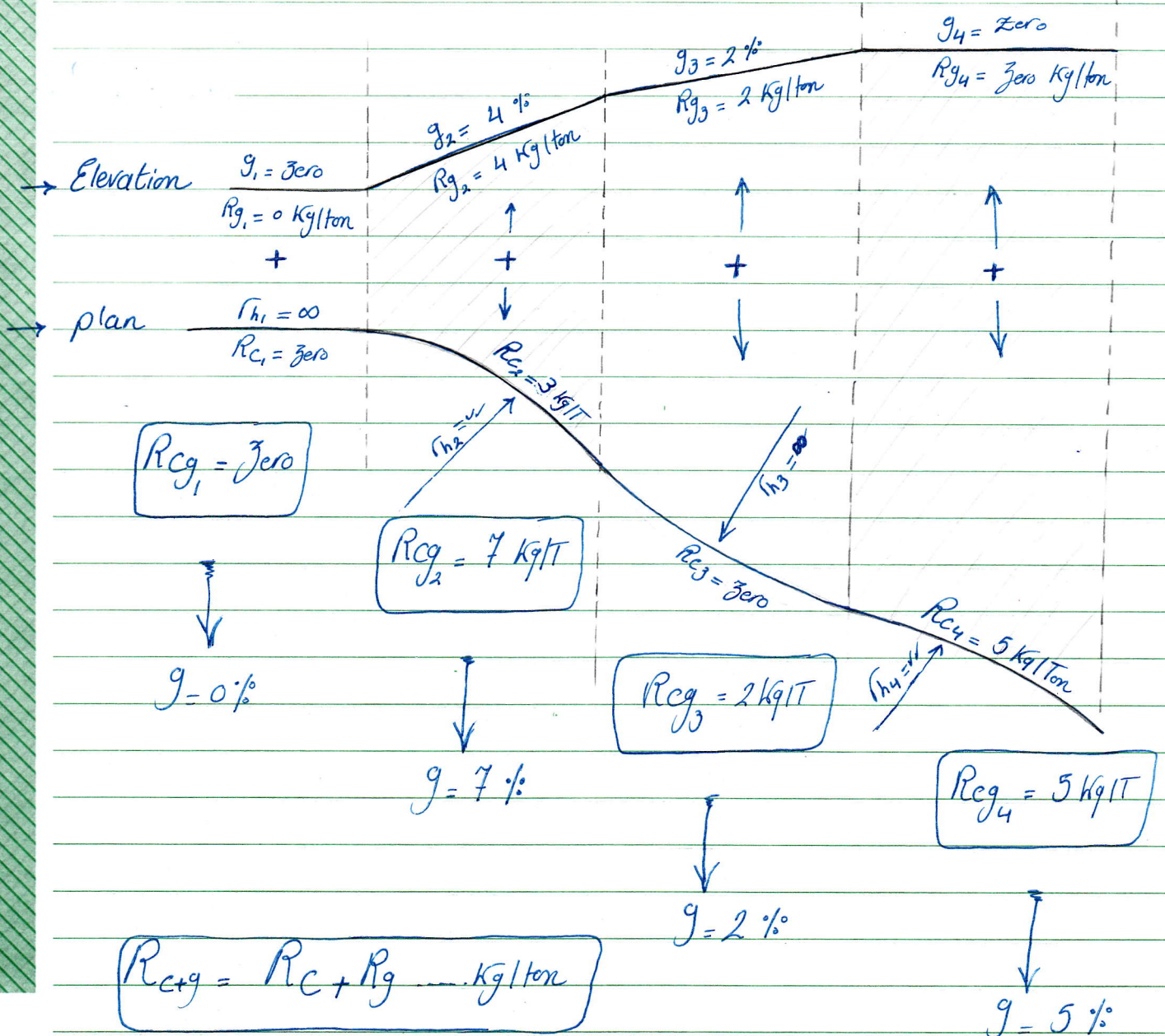
$$\therefore \text{if } r_h = \infty \quad \therefore R_c = 0$$

لا يوجد منحنى: لا يوجد مقاومة $\rightarrow$

عند اجتماع منحني مع مستد، نواجهه القطار، مقاومة مزدوجة (مقاومة الانحدار الحاكم)

$$(R_{cg}) \leftarrow R_{(c+g)} \dots \text{kg/ton} \quad \text{الانحدار الحاكم}$$

لنراقب انحدار يمكن لقاطرة المحرور عليه في حالة وجود منحنى وتتحدد منه ايضا "قدرة القاطرة على جبر القطار على هذا الانحدار بسرعة معينة"





Date

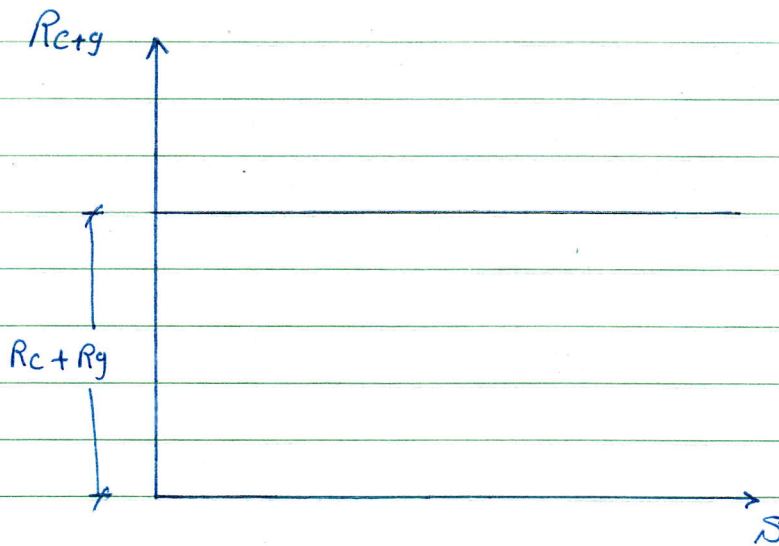
No.

ملاحظات هامة:-

- ①. في الشكل السابق وجدنا ان قيمة R_{cg} متغيرة وغير ثابتة وذلك تبعاً لقيمة كل من الميل وأنصاف اقطار المنحنيات ويمكن هنا سؤال :- ما معنى ان قيمة الانحدار الحاكم في القطاع الثاني $= 7 \text{ Kg/ton}$ الاجابة :- أن القطاع يمر بميل 7%
 $\therefore R_{cg} = 7 \text{ Kg/ton} = g = 7\%$

②. يتم تقريب قيمة الانحدار الحاكم إلى الأقل $\leftarrow 6.50 \approx 6.53$

- ③. في حالة وجود عدة قطاعات احسب R_{cg} لكل قطاع على حدة واستخدم القيمة الكبرى في حل المسائل



العلاقة بين السرعة والانحدار الحاكم

- ④. مقاومة البدء R_{start} (R_s) Kg/ton
 $R_s = 12.8 \text{ Kg/ton}$

Eng/rousef

نهاية المحاضرة الثالثة



Date

No.

من خلال مجموعة المقاومات السابقة نوضح لنا :-

لا تكون لنمات مقاومة السير والهواء موجودة في نفس الوقت مع مقاومة البدء حيث تكون :-
- مقاومة البدء عند بداية الحركة

- مقاومة السير والهواء بعد هذه المرحلة

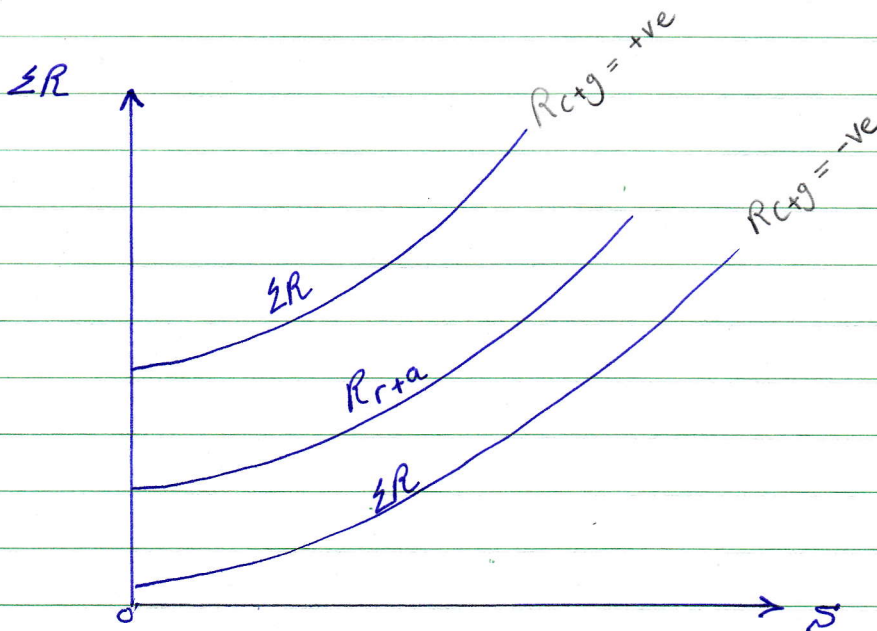
* بعل تجميع لكل المقاومات

$$\sum R = R_0 + R_{ct+g}$$

← عند بدء الحركة

$$\sum R = R_{r+a} + R_{ct+g}$$

← أثناء السير

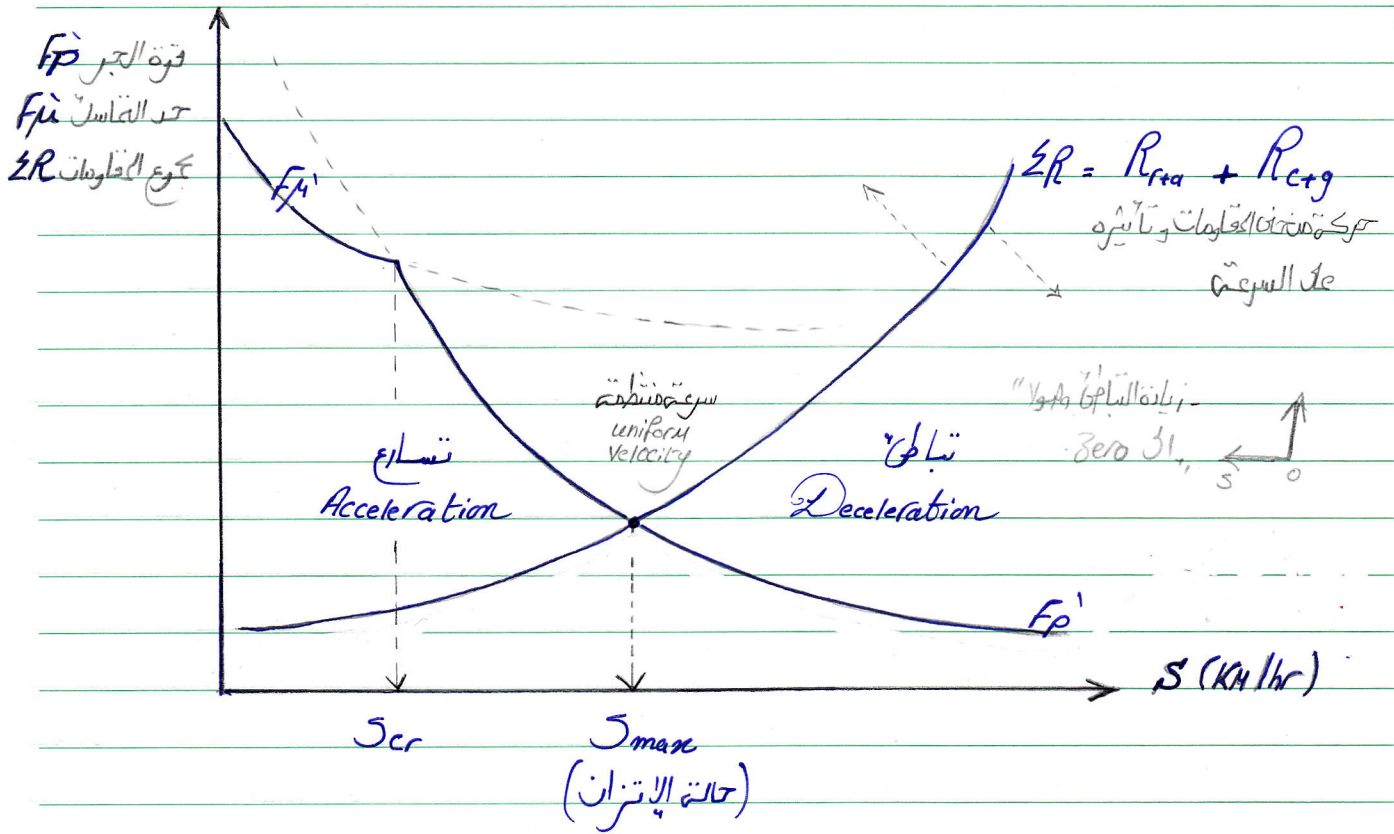


“ العلاقة بين السرعة والمقاومات ”



مراحل سير القطار

بوضع القوى المقاومات في علاقة واحدة مع السرعة



توجد ٣ مراحل لسير القطار :-

① مرحلة التسارع :- العلاقة بين السرعة والمسافة طردية (عجلة تزايدية)
 $\dot{F} > \Sigma R$ Space ships

② السرعة المنتظمة :- وفيها يكون القطار في أقصى سرعة
 $\dot{F} = \Sigma R \rightarrow$ Equilibrium state $\rightarrow$ (حالة الاتزان)

لـ القطار يواجه مقاومات بقيمة X لذلك يخرج قوة X للحفاظ على سرعته تجاه هذه المقاومات

③ مرحلة التباطؤ :- العلاقة بين السرعة والمسافة عكسية (عجلة تناقصية)
 $\dot{F} < \Sigma R$



أولاً: - السرعة المنتظمة (3 حالات)

(أ) * مرحلة السير بسرعة منتظمة

$$* F_p = \sum R$$

$$* S_{uniform} = S_{max}$$

وقفل الكبر مرحلة من مراحل السير حيث أن

$$F_p' = \frac{220 \text{ HP}}{S \text{ WF}} \dots \text{kg/ton} \quad \text{قوة المحرك، النزعية}$$

$$\sum R = R_{r+a} + R_c + R_g \quad \text{مجموع المقاومات}$$

$$\boxed{\frac{220 \text{ HP}}{S \text{ WF}} = (R_{r+a})_T + (R_{c+g})}$$

(ب) * فاحالة ان السرعة تساوي صفر $S = 0$

عند بدء الحركة تكون فترة التماس في المسبب الكبر في حركة القطار
ويكون هناك أيضاً "مقاومات" ... فهل تستطيع الفاهرة جبر القطار !!!

$$F_{\mu} = \frac{\mu W_{L2}}{W_T} \dots \text{kg/ton}$$

$$\mu = \left(\frac{9000}{S + 42} + 116 \right) \dots \text{kg/ton}$$

$$F_{\mu} = \sum R$$

$$\boxed{\frac{\mu W_{L2}}{W_T} = R_s + R_{c+g}}$$

Note

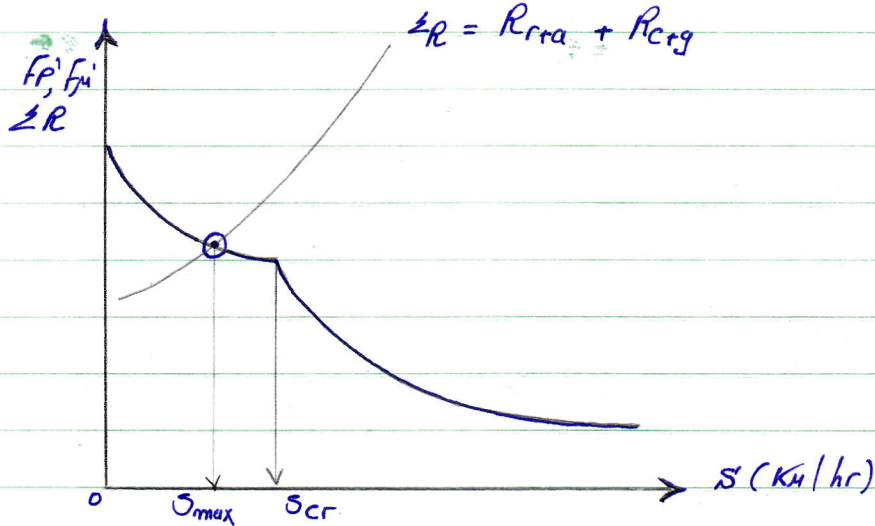
$$\begin{aligned} \text{①} \quad \sum R &\leq F_{\mu} \quad \leftarrow \text{القاهرة تستطيع جبر القطار} \\ \text{②} \quad \sum R &> F_{\mu} \quad \leftarrow \text{القاهرة لا تستطيع جبر القطار} \end{aligned}$$



Date

No.

(ج) * في حالة سير القطار بسرعة أقل من السرعة الحرجة أو مساوية لها
(حالة نادرة الحدوث)



$$F_{\mu} = \sum R$$

$$\frac{\mu W_{12}}{W_T} = R_{rra} + R_{ctg}$$

وفي حالة نادرة الحدوث لأنه مستحيل أن يسير القطار معظم رحلته بسرعة أقل من السرعة الحرجة

ثانياً: - مرحلة التباطؤ

هذه المرحلة من مراحل السير تتم من خلال الآتي

(أ) تباطؤ طبيعي: - نتيجة دخول القطار على ميل أعك من R التمهيمية

(ب) تباطؤ باستخدام الفرامل: - نتيجة دخول القطار على منحدر بنصف قطر أقل من R التمهيمية.

والشكل التالي يوضح حالات التباطؤ



Date

No.

 $R(c+g)$

اقل من التصميمية

اكبر من التصميمية

 R_g

-ve %

(الانحناء او الميل)
(قيمة سالبة) R_c (نصف قطر المنحنى)
(اكبر من التصميمية) R_g

3%

(الانحناء او الميل)
(اكبر من التصميمية) R_c (نصف قطر المنحنى)
(اقل من التصميمية)

تباين

يؤثر الانحناء بقيمة
السالب بقوة زائدة على
القطار فتتزايد السرعة تلقائياًبالتالي لا توجد حاجة
إلى التباطؤالتباطؤ طبيعي نتيجة
انخفاض عدد لفات الموتور
الناجمة عن تحليل قوى الجبر
في اتجاه عجلة الجاذبيةالتباطؤ بفواصل
لتفادي القوة
الطاردة المركزية

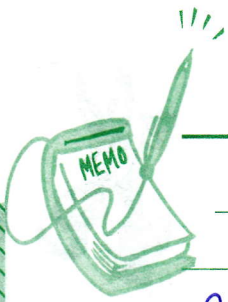
تباين

تسارع

التباطؤ باستخدام فواصل
للوصول لسرعة مناسبة
عند هذا الانحناء وفي ثم
التسارع إلى V_{max} بزيادة قوى الجبرالتباطؤ تلقائياً
إلى V_{max} بعد
انتهاء الانحناءالعودة لـ V_{max}
بعد انتهاء الميل
بسبب زيادة قوى
الجبر نتيجة ثبات
عدد لفات الموتورالعودة لـ V_{max}
بعد انتهاء نصف
القطر بزيادة
قوى الجبر

حالة الرحلة والقطار

ظروف الرحلة والوقت
وحالة القطار لا تتغيرفي حالة ان ظروف
الرحلة والوقت وحالة
القطار ليست في حالة جيدة

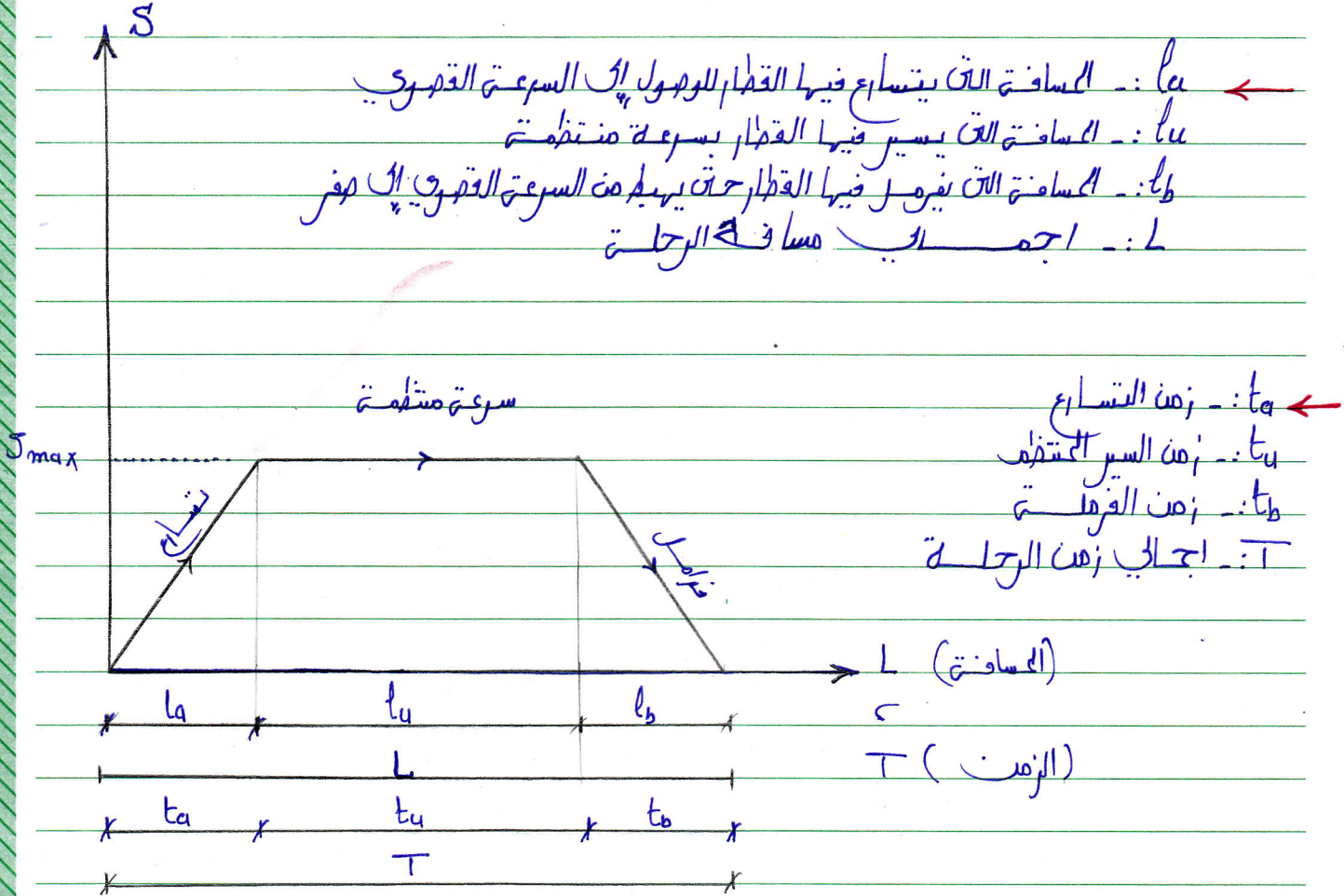


Date

No.

ثالثاً: مرحلة التسارع

وفي أول مرحلة يمر بها القطار أثناء رحلته من محطة إلى محطة أخرى وفي مؤدية إلى السرعة القصوى أو المنتظمة التي يعمل بها القطار، رحلته وصولاً إلى مرحلة التباطؤ حتى الوقوف تماماً لوجهته الأخيرة



ولذلك المراحل تحدث بانتظام كما هو موضح بالشكل أعلاه في حالة ان القطار يسير دون مشاكل وبحالة جيدة وحالة الطقس وظروف الرحلة الطبيعية

ولدراسة التسارع لابد من معرفة العلاقة بين كل من الآتي

(منحنى المقاومة مع السرعة - المقاومة) (منحنى الفرق - السرعة)



Date

No.

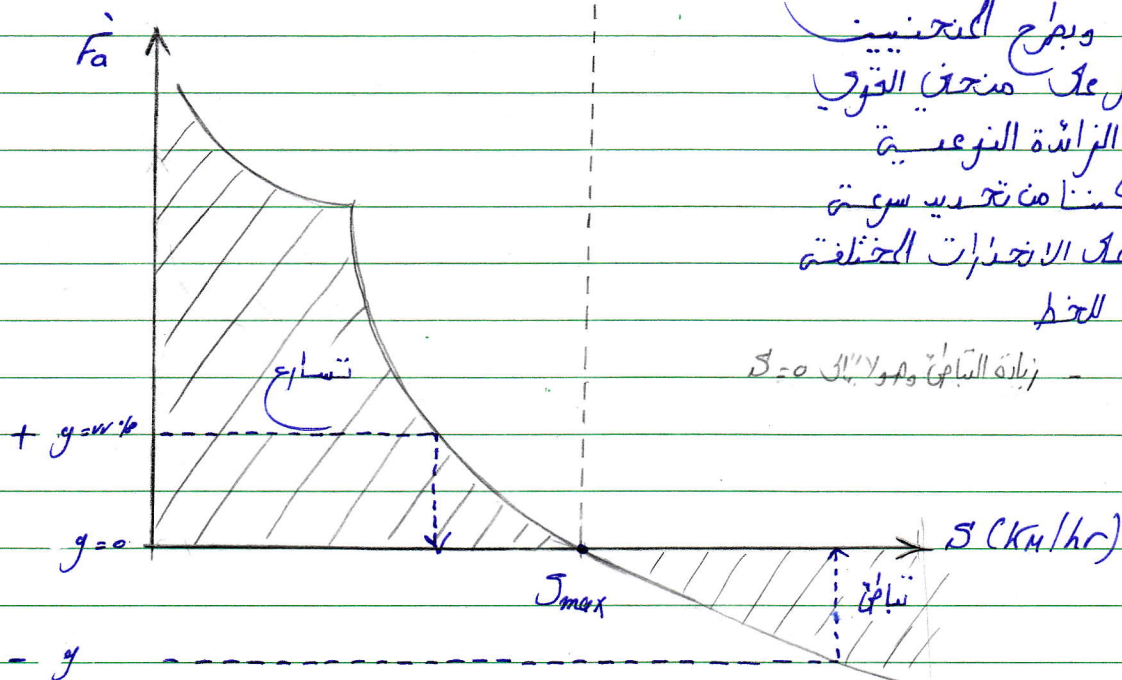
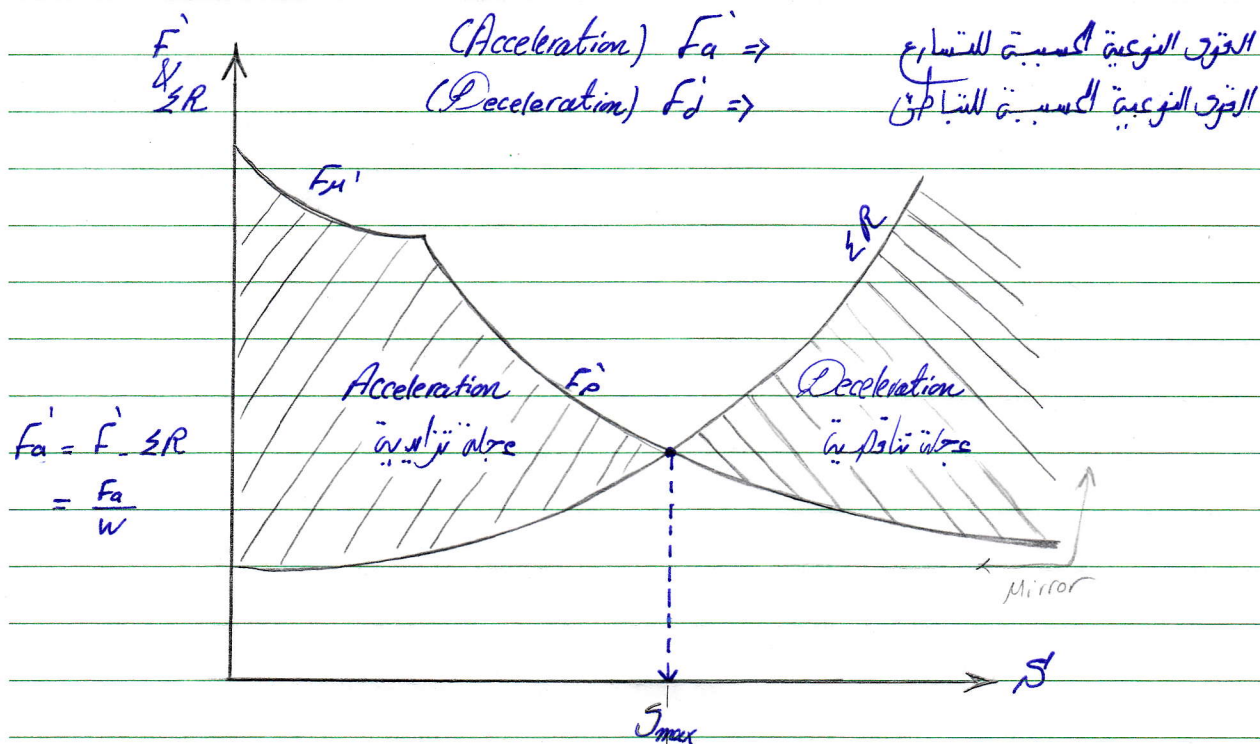
مساحة الأشكال المختلفة :-

$$F_a' = F' - \sum R = +ve \checkmark$$

في حالة العجلة التزايدية

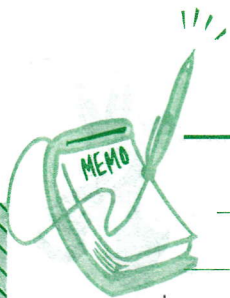
$$F_d' = F' - \sum R = -ve \checkmark$$

في حالة العجلة التناقصية



* وبطرح المنحنيين
نحصل على منحني القوة
الزايدة النوعية
التي يمكن استخدامها لتحديد سرعة
القطار على الانحدارات المختلفة
للخط

* $g = ve$ - زيادة التباطؤ وهو لا ياتي الى $S=0$



Date

No.

اثبات قانون زمن التسارع t_a مسافة التسارع a

كثافة كتلة $Fa' = m \cdot a \cdot (1.068)$

معامل يتحول الحركة من خطية لاوراقية

$$m = \frac{w}{g}$$

m : mass $\rightarrow$ الكتلة

w : weight $\rightarrow$ وحدة الوزن = 1 ton = 1000 kg

g : Gravity $\rightarrow$ 9.81 m/sec²

$$a: \text{acceleration} = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

$$\therefore Fa' = \frac{1000}{9.81} \cdot \frac{\Delta S}{3.6 \Delta T} (1.068) = 30.24 \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

$$\therefore \Delta t = \frac{30.24 (S_2 - S_1)}{Fa'_{av}} = \dots \text{sec}$$

$$Fa'_{av} = \frac{Fa' S_1 + Fa' S_2}{2}$$

S_1 : السرعة عند بداية التسارع

S_2 : السرعة عند نهاية التسارع

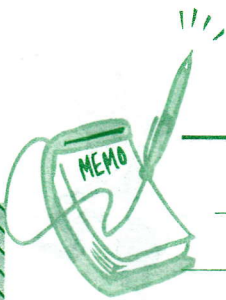
$$Fa' S_1 = F S_1 - \sum R S_1$$

$$Fa' S_2 = F S_2 - \sum R S_2$$

$$\Delta l = \frac{S_{av}}{3.6} \Delta T$$

$$\Delta l = \frac{(S_1 + S_2)}{2 \times 3.6} \cdot \frac{30.24 (S_2 - S_1)}{Fa'_{av}}$$

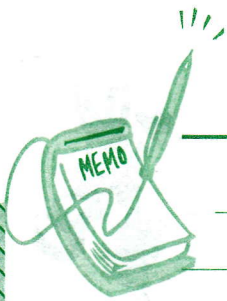
$$\therefore \Delta l_{S_1 \rightarrow S_2} = \frac{4.2 (S_2^2 - S_1^2)}{Fa'_{av}} = \dots m$$



Date

No.

S	F		$\sum R$			$F'_{a,av}$	Δt	ΔL
	F_u	F_p	F_{min}	R_3	R_{rtu}	R_{ctg}		
0	x_1	y_1	f_{s1}	12.8	zero	x_3	$= \frac{30.24(5-5)}{F'_{a,av}}$	$= \frac{4.2(5^2-5^2)}{F'_{a,av}}$
$F'_{a,1} = \left(\frac{f_{s1} + f_{s2}}{2} \right) / W_T$								
5	x_2	y_2	f_{s2}	zero	$\checkmark$	x_3	$= \frac{30.24(5-0)}{F'_{a,av}}$	$= \frac{4.2(25-0)}{F'_{a,av}}$
$F'_{a,2} = \left(\frac{f_{s2} + f_{s3}}{2} \right) / W_T$								
10	x_4	y_4	f_{s3}	zero	$\checkmark$	x_5	$= \frac{30.24(10-5)}{F'_{a,av}}$	$= \frac{4.2(100-25)}{F'_{a,av}}$
100								
							$\sum$	
							إجمالي المساحة من التبريد 0-100	إجمالي المساحة التبريد 0-100
							$ta = \checkmark$	$La = \checkmark$



Date

No.

ملاحظات عامة

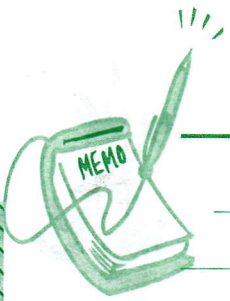
* ليس من الضروري ان يكون التسارع من 0 $\leftarrow J_{max}$ حتى الوصول
طلب حساب زمن ومسافة التسارع لجزء من الجدول السابق

* بعد J_{max} ينقلب التسارع الى تباطؤ حيث تكون $-ve \checkmark = -ve \checkmark$

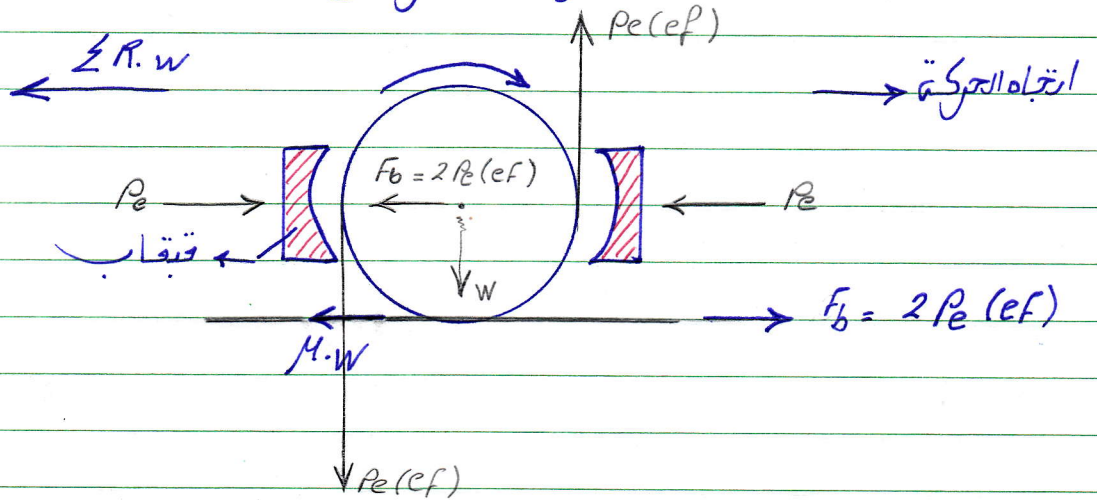
$$\therefore \Delta t = \frac{30.24 (s_2 - s_1)}{a_{av} \rightarrow -ve} \rightarrow -ve \rightarrow s_1 > s_2 \rightarrow \begin{matrix} \text{السرعة الجديدة} \\ \text{المشيئة التي يعمل بها} \\ \text{النظام} \end{matrix} = \frac{-ve}{-ve} = +ve$$

Eng/ Youssef

نهاية المحاضرة الرابعة



مرحلة الفرامل



* عند استحداث الفرامل ينفذ القنطار بقوة محورية P_e ← (قوة الفرامل الاسمية) ... اداة الفرامل فينتج عن الاحتكاك بين العجلة والقنطار القوة $P_e(ef)$ في اتجاه معاكس العجلة الى اعلى وإلى اسفل ليسهلوا عزوم ازواج محصلته F_b عكس اتجاه الحركة فتتوقف العجلة تماما

* بما ان العجلة دائما في حالة اتزان فمعد ظهور القوة F_b عكس اتجاه الحركة تقابلها F_b بنفس القيمة تؤدي إلى الانزلاق في حالة انها اكبر من قوى الاحتكاك ($\mu w < 2P_e(ef)$) فلا بد ان $\mu w \geq 2P_e(ef)$

$$F_b = 1000 \times P_e \times e.f + (W_L + W_C)(\Sigma R) \quad \text{kg}$$

↓ ضغط الفرامل
↓ القنطارات

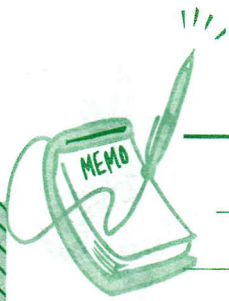
F_b : قوة الفرامل الاسمية

$W_L + W_C$: وزن القطار بالكيلو جرام

السبب في انزلاق العجلة
 $P_e = \eta_L \times W_L + \eta_C \times W_C + \eta_{o.v} \times W_{o.v}$... (قوة الفرامل الاسمية)
 الوزن الخارج للحركة الممثلة بفرامل

η : breaking ratio

= 0.9 → Loco & pass. cars = 0.6 for freight cars & Break van



Date

No.

① $e = \checkmark$ $f = \checkmark$

③ $e = 0.95$ $\therefore f = 6.1 \left(\frac{5}{1000} \right)^2 - 1.79 \left(\frac{5}{1000} \right) + 0.241$
only

② $e.f = 5.8 \left(\frac{5}{1000} \right)^2 - 1.7 \left(\frac{5}{1000} \right) + 0.2289$

← كتابة الغرامل
← محامل الاحتمال بين القطار والعجلة

لا تنفذ Shradar Equation
if $e = ??$ $f = ?? \Rightarrow$ take case 3

* ملحوظة :-

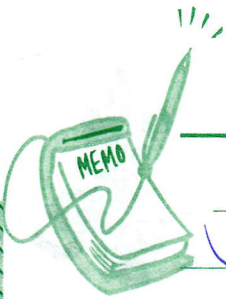
١- قوة الغرامل الاسمية في نسبة من وزن العربات المنزوعة بغرامل :-
حيث انه قطار الركاب يتكون من قاطرة وفي دائما فارغة ومغفلة وكذلك العربات فارغة ومغفلة لان وزن الركاب مهمل

٢- حيث انه قطار البضاعة يتكون من قاطرة وفي دائما فارغة ومغفلة (منزوعة بغرامل) وكذلك النسبسة دائما فارغة ومغفلة ... اما العربات فتحدد عدد المحفمل ونضربه في الوزن الفارع كما هو موضح في القانون اسفل الصفحة السابقة مباشرة

Break Van السببسة

- ١- آخر عربة في قطار البضائع وانما اما يتجبد في قطار الركاب
- ٢- العربة الوحيدة التي تكون مغفلة (منزوعة بغرامل) بونه ذكر ذلك
- ٣- يكون بها مساعد السائق ومعه مستندات شحنات القطار (في حالة قطار البضائع)

$$F_b' = \frac{F_b}{w_T} \quad \text{قوة الغرامل النوعية}$$



احسب قوة الضغط النوعية لقطار بفاع موزن من ٣ عربة ١٢ مزدنية
بفامل و ١٨ من غير فامل والوزن الفارع للترربة ٢٥ طن والفامل ٩ طن
وزن الجرار = ١٢٢ طن والسببسة ٤ طن

$$\begin{aligned} R_{\alpha} &= 4 \text{ Kg/ton} \\ R_{\beta} &= 3 \text{ Kg/ton} \\ e &= 0.75 \\ f &= 0.17 \end{aligned}$$

متوسطات الفامل والفارع

الحل Solution

$$P_e = \eta_L \times W_L + \eta_C \times W_{C_0} + \eta_{B.V} \times W_{B.V}$$

$$= (0.9 \times 132) + (0.6 \times 12 \times 25) + (0.6 \times 40) = 322.8 \text{ T}$$

$$e.f = 0.75 \times 0.17 = 0.1275$$

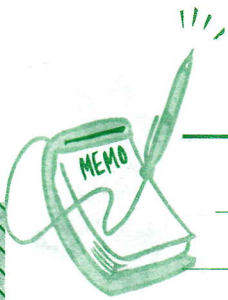
$$W_T = 132 + (30 \times 90) + 40 = 2872 \text{ T}$$

$$\Sigma R = 4 + 3 = 7 \text{ Kg/T}$$

$$\therefore F_b = (1000 \times 322.8 \times 0.1275) + (7 \times 2872) = 61261 \text{ Kg}$$

$$\therefore F_b' = \frac{61261}{2872} = 21.33 \text{ Kg/ton} \neq 30 \text{ Kg/ton}$$

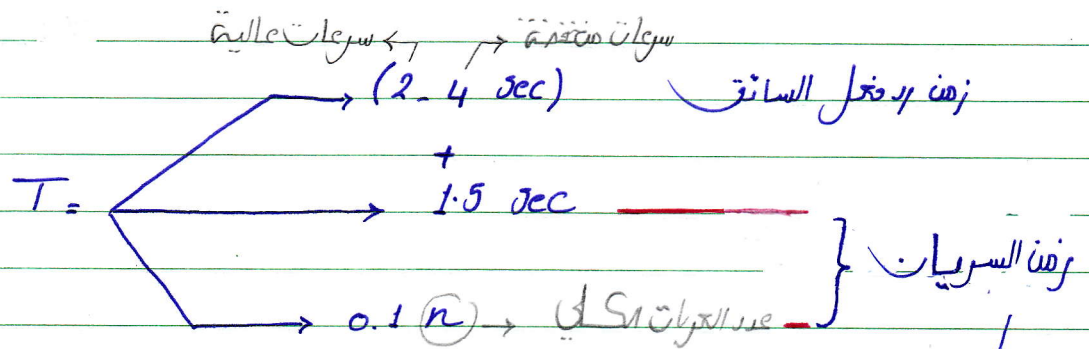
o.k



Date

No.

حساب زمن الفرامل (عجلة تناقصية)



الزمن من لحظة ضغط الفرامل عن طريق الالواء المفخوخة الموجود بجوانب الالواء بالقاهرة حتى توقف القطر تمامًا

حيث ان

- 1.5 ← زمن فتح خزانه الالواء
- $0.1 n$ ← زمن مرور الالواء لكل عربة وهو "لا تخترع عربة" (المبني)

$$\therefore t_b = \frac{30.24 (S_1 - S_2)}{F_b} + T \text{ sec}$$

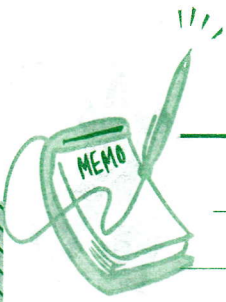
where $S_1 > S_2$ & S_2 not necessary to be = 0

- L Reduced speed
- L Running speed

حساب مسافة الفرملة

$$L_b = \frac{4.2 (S_1^2 - S_2^2)}{F_b} + \frac{T \times S_1}{3.6} \text{ m}$$

Kulhr



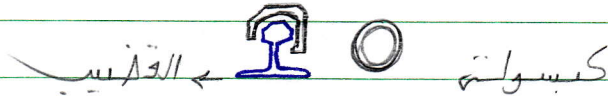
Date

No.

ملاحظات عامة

① الصيحي ان كل العربات سواء ركاب او بضاعة مزودة بفراجل مالم يترك
خلال نزله

② في حالة وجود شقيرة او ضباب فتصحب علمية الرؤية للسائق (الاشارة)
فتستخدم الكبسولات لتنبيه سائق القطار انه اقترب من المحطة ويجب
تهدئة السرعة (فيك المنسي)



نهاية المحاضرة الخامسة والباب الأول

ديناميكية سير القطار

Eng. Youssef

23.03.2016

الاربعاء

ملاحظ : تستخدم معادلة الاتحاد الاوروي في حساب مقاومة المنحني**السؤال الاول**

قاطرة قدرتها 2475Hp وزنها 126 طن طراز C-C وتسير علي إنحدار حاكم مقدارة 5% تجر 10 عربات بوزن 500 طن . احسب أقصى سرعة تستطيع ان تسير بها القاطرة.

السؤال الثاني

قاطرة قدرتها 3200Hp طراز C-C وزنها 130 طن و طولها 22 متر وتجر عدد من العربات طول الواحدة 25 متر بسرعة قصوي 120 كم/س علي خط حديدي مفرد به الميول والمنحنيات الافقية التالية:

الميل في الالف	3	0	5.5	5	2
نصف قطر المنحني بالمتر	1000	600	∞	500	800

احسب وزن وعدد العربات وكذلك طول قطار الركاب.

السؤال الثالث

قاطرة قدرتها 2475Hp طراز A1A-A1A وزنها 120 طن تقوم بجر قطار ركاب مكون من 12 عربة بوزن 50 طن/العربة بسرعة قصوي 120 كم/س .

- احسب الإنحدار الحاكم

- تحقق إذا كانت القاطرة تستطيع جر قطار وزنه 2000 طن إذا ما اضطرت للوقوف علي هذا الإنحدار.

السؤال الرابع

قاطرة طراز C-C وزنها 132 طن تقوم بجر قطار يحمل خام الحديد من الواحات الي حلون علي انحدار حاكم 3% ويعود فارغا مرة أخرى من حلوان الي الواحات علي سكة مختلفة بانحدار حاكم 6% علما بأن أقصى سرعة في الإتجاهين 50 كم/س ووزن العربات فارغة 1000 طن ووزن الخام الصافي 2000 طن.

- احسب قدرة القاطرة اللازمة لجر القطار محملا وفارغا.
- احسب أقصى انحدار يمكن أن يسير عليه القطار السابق بسرعة 30 كم/س.
- احسب أقصى انحدار حاكم يمكن للقطار أن يبدأ عليه الحركة إذا ما اضطر للوقوف عليه.

السؤال الخامس

قاطرة قدرتها 2475Hp طراز C-C وزنها 132 طن و طولها 21 متر وتجر عدد من عربات البضاعة طول الواحدة 15.8 متر ووزنها الفارغ 25 طن ووزن الحمولة 65 طن بسرعة قصوي 50 كم/س علي خط حديدي مفرد به الميول والمنحنيات الافقية التالية: (السبينة بطول 12متر ووزنها 40 طن)

الميل في الالف	1.5	2	3	2	1.5
نصف قطر المنحني بالمتر	800	600	∞	500	700

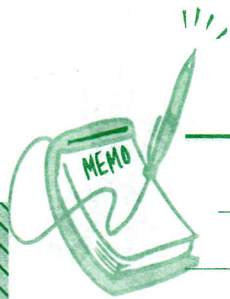
- احسب اطول طول لقطار البضاعة
- تحقق اذا ما كان القطار يستطيع بدء الحركة اذا ما توقف علي الانحدار الحاكم
- احسب المسافة اللازمة لتهدئة القطار لسرعة 12 كم/س اذا كانت كفاءة تشغيل الفرامل = 0.95

السؤال السادس

قطار بضائع يسير بسرعة 50 كم/س عبارة عن قاطرة طراز C-C وزنها 132 طن و 30 عربة بوزن 20 طن/للعربة 10 منهم مزودين بفرامل ووزن الحمولة 50طن مع وجود سبينة وزنها 40 طن حيث ان القطار كان مقبل علي عائق فوضعت كبسولة خطر لاييقاف القطار علي بعد 300 متر من موقع العائق . تحقق من استطادام القطار بالعائق محملا كان او فارغا في الحالات التية:

- الانحدار افقي تماما ولايوجد اي منحنيات.
- الانحدار 2% ومنحني افقي نصف قطره 500 متر.
- الانحدار 3% ومنحني افقي نصف قطره 750 متر.

Eng / Youssuf



Date

No.

Sheet 1

السؤال الأول

126 Ton . 2475 HP . C-C قاطرة

انتاج حاكم 5%

500 T اجالي وزن

عدد العربات = 10

المحرك حساب J_{max}

(الحل)

$$\frac{220 \text{ HP}}{S \text{ wt}} = R_{r+a} + R_{c+g}$$

$$R_{r+a} =$$

دالة في السرعة → ①

$$R_{c+g} = 5$$

$$R_{r+a} =$$

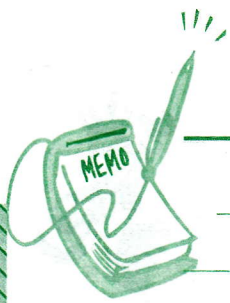
دالة في السرعة → ②

$$R_{r+a} = \frac{W_L (R_{r+a}) + W_C (R_{r+a})_P}{W_L + W_C} = \text{دالة في السرعة}$$

القطار

$$\frac{220 \times 2475}{S \times W_T} = \sqrt{\quad} + 5$$

$$\therefore S = v \text{ KM/hr}$$



Date

No.

السؤال الثاني

1- رسم plan & Elevation طبقاً للتعبير

2- احسب بالنقر اكبر $R_{c+g} = v \cdot K_g \cdot t$ 3- رتبة العدد والوزن $R_{c+a}_p =$ $R_{c+a}_L = v \cdot K_g \cdot t$ 4- رتبة عدد وزن العربات $R_{c+a}_T =$

$$\frac{220 \text{ HP}}{5 \text{ WT}} = R_{c+a}_T + R_{c+g} \quad \text{محرك رولاب}$$

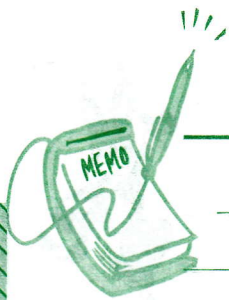
5- يتوفر وزن عربات الركاب $50T =$ 6- n (عدد العربات) $\rightarrow$ يتم التقريب لأكبر رقم صحيح

$$L_{Train} = \left(\text{طول العربة} \times \text{العدد المقرب} \right) + \left(\text{طول القاطرة} \right) + 1 \text{ م}$$

الواحدة

العربات

7- ملحوظة هامة: في حالة قطار البهاغ يتم تقريب عدد العربات لأصغر رقم صحيح



Date

No.

السؤال الثالث

$$R_{(r+a)_L} = \checkmark \text{ Kg/ton}$$

$$R_{(r+a)_p} = \checkmark \text{ Kg/ton}$$

$$R_{(r+a)_T} = \checkmark \text{ Kg/ton}$$

$$\frac{220 \text{ HP}}{5 \text{ } W_T} = R_{(r+a)_F} + \textcircled{R_{c+g}} \rightarrow \text{المطلوب الأول}$$

$$\mu = \checkmark$$

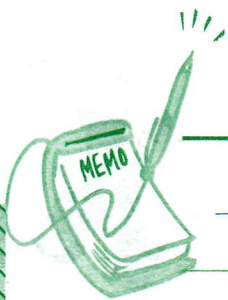
$$\text{at } \theta = 0 \quad F_r = \sum R$$

$$R_b + R_{c+g} = \checkmark$$

$$\frac{\mu W_{L2}}{W_T} = \checkmark$$

$\rightarrow 120 + 2000$

$\sum R > F_r$
لا تستطيع القاطرة جبر القطار، على الانتاج الحاصل



Date

No.

السؤال الرابع

① قدرة القاطرة اللازمة لجبر القطار محلاً وفارغاً

$$R(r+a)_L = v \text{ Kg/T}$$

$$R(r+a)_F = v \text{ Kg/T} \quad \text{فارغة}$$

$$R(r+a)_T = v \text{ Kg/T} \quad \text{طارء}$$

$$R(r+a)_F = v \text{ Kg/T} \quad \text{كلية}$$

$$R(r+a)_T = v \text{ Kg/T} \quad \text{كلية}$$

$$\text{فارغة} \rightarrow \frac{220 \text{ HP}}{3 \text{ WT}} = R(r+a)_T + R_{\text{reg}} \quad \begin{matrix} \nearrow 6\% \\ \text{اقر ب } 50 \end{matrix}$$

$$\text{كلية} \rightarrow \frac{220 \text{ HP}}{3 \text{ WT}} = R(r+a)_T + R_{\text{reg}} \quad \begin{matrix} \nearrow 3\% \\ \text{اقر ب } 50 \end{matrix}$$

② اقصى انحدار يمكن ان يسير عليه القطار بسرعة 30 كم/س

$$R(r+a)_T = v \text{ Kg/T} \quad \text{فارغة}$$

$$R(r+a)_T = v \text{ Kg/T} \quad \text{كلية}$$

وسكنة السرعة 30 كم/س

~ ~ ~ ~

الفرق ليس بالمقرب

$$\begin{aligned} \text{فارغة} \quad \frac{220 \text{ (HP)}}{3 \text{ WT}} &= R(r+a)_T + R_{\text{reg}} \rightarrow ?? \\ \text{كلية} \quad " &" " R_{\text{reg}} \rightarrow ?? \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Max}$$

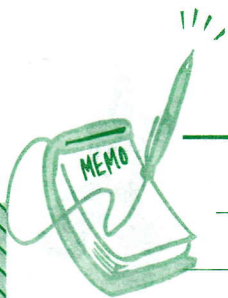
③ بما ان تم ذكر اقصى لذا يجب حسب الانحدار في حالته ان القطار محلاً

$$\mu = v \text{ Kg/T}$$

$$F^{\mu} = v \text{ Kg/T}$$

$$\sigma = 0$$

$$F^{\mu} = \sum R \Rightarrow R_T + R_{\text{reg}} \rightarrow ??$$



Date

No.

السؤال الخامس

$$\left. \begin{aligned} R_{(r+a)_L} &= vv \text{ Kg/ton} \\ \textcircled{1} R_{(r+a)_F} &= vv \text{ Kg/ton} \end{aligned} \right\} R_{(r+a)_F} = vv \rightarrow \text{متروكة } n$$

$$J_{max} = 50 \text{ KM/hr}$$

$$\frac{220 \text{ HP}}{3 \text{ vr}} = R_{(r+a)_F} + R_{c+g}$$

القيمة لـ R_{c+g} من الجدول معطى

$$n = vv \approx \text{يتم التقريب للأعلى}$$

طول السلسلة

$$\textcircled{1} \text{ طول طول القطار} = \text{طول القاطرة} + \text{عدد العربات} \times \text{طول} + 1 + 12 \text{ M}$$

② تحقق إذا ما كان القطار يستطيع بدء الحركة إذا ارتفع على الانحدار الحاد

$$J=0$$

$$F_M = \sum R$$

$$F_M = vv$$

$$\sum R = vv$$

$$\text{if } \sum R > F_M$$

لا يستطيع القطار بدء الحركة

$$\textcircled{3} \text{ مسافة التوقف إلى } 12 \text{ KM/hr} \text{ حيث أن كفاءة العجلة} = 95\%$$

$$e = 0.95, f = vv$$

$$P_e = vv$$

$$F_b = vv$$

$$F_b' = vv$$

$$l_b = vv$$



Date

No.

المسألة الثالثة
 $R_{cg} = 0$ ①*

$$R_{(ra)_L} = v \quad \text{Kg/ton}$$

$$\text{J.E. } R_{(ra)_f} = v \quad \text{Kg/ton} \rightarrow \therefore R_{(ra)_T} = v \quad \text{Kg/T}$$

$$\text{فإن } R_{(ra)_f} = v \quad \text{Kg/ton} \rightarrow \therefore R_{(ra)_T} = v \quad \text{Kg/T}$$

$$c = 0.95 \quad \therefore \bar{f} = v$$

$$\begin{array}{ll} \text{J.E. } p_e = v & \bar{p}_b = v \quad \text{Kg/T} \\ \text{فإن } \bar{p}_b = v \quad \text{Kg} & \bar{p}_b = v \quad \text{Kg/T} \end{array}$$

$$\text{فإن } L_b = \dots M < 300 m \quad \text{نسيطة}$$

$$\text{J.E. } L_b = \dots M > 300 m \quad \text{نسيطة}$$

سرعة التقلب $\leftarrow$ $\sqrt{L_b}$ $\leftarrow$ 300 $\leftarrow$ سرعة التقلب $\leftarrow$ $\sqrt{L_b}$
 $S_1 \leftarrow$

$$R_{cg} = v \quad \text{⑤}^*$$

$$F_b = 1000(p_e)(c.f) + W_T (\pm R)$$

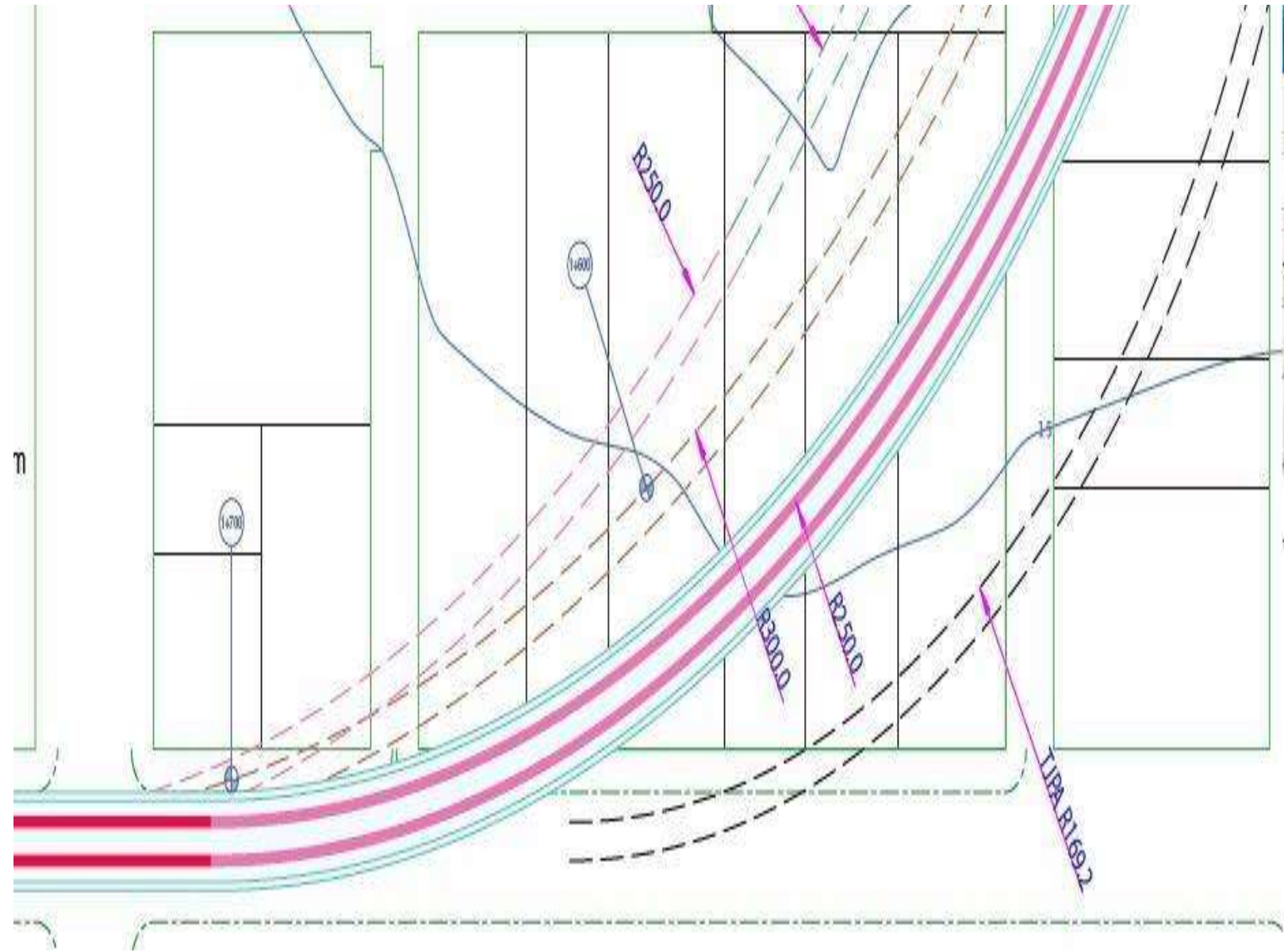
$$\rightarrow R_{(ra)} + R_{cg}$$

The same as above

$$R_{cg} = R_c - R_g \quad \text{⑥}^*$$

$$= 0 \quad v$$

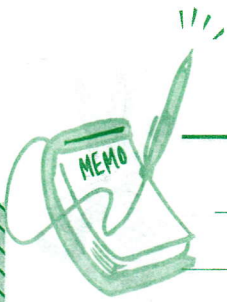
The same calculation



Chapter 2 ... الفصل الثاني

تخطيط السكك الحديدية

Railway Alignment

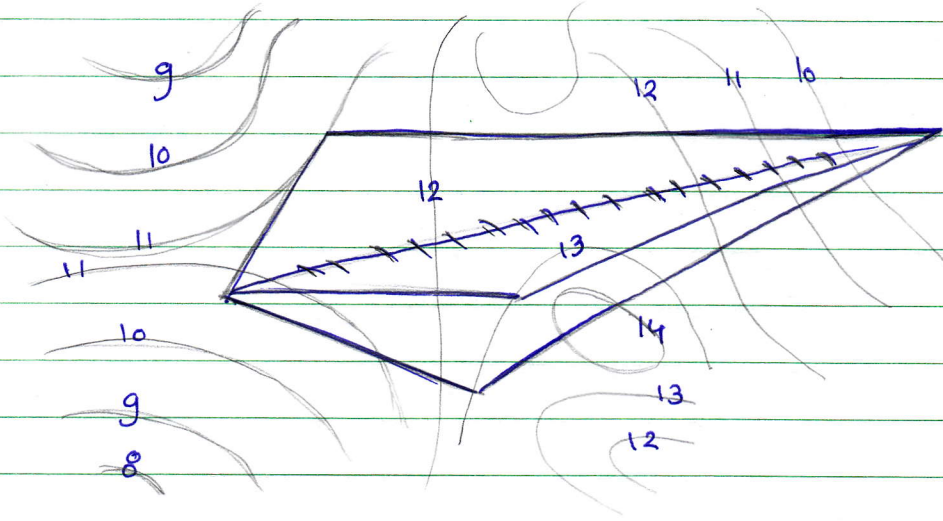


Date

No.

الباب الثاني

التخطيط (Alignment)



التخطيط :- لموت تحديد مسار محور الخط على الخريطة الاستوائية والآن تمثل طبيعة وطوبوغرافية الأرض التي تمر بتوقيع في الطبيعة

ينقسم التخطيط إلى :

① المسقط الأفقي للخط : ويشمل عرض السكة والمنحنيات الأفقية وأنصاف أقمارها والأعمال الهندسية ونقط التقريبات والتقاطعات

R_{c+g}

② المسقط الرأسي للخط :- يشمل مناسيب السكة والمنحنيات الرأسية والانحدارات المختلفة للخط والحوادث الطبيعية

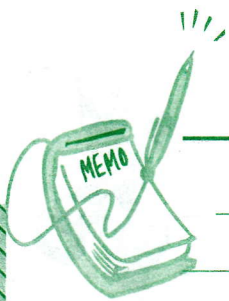
ملاحظات :-

لا بد من مراعاة بحمان الحفر والروم أن تكون أقل ما يمكن ولا تزيد الانحدارات للخطوط عن الحدود الآتية وأن تحقق السرعات المناسبة

١- في المحطات والحوادث لا تزيد عن 2.5%

٢- في الأراضي ذات الطبيعة المنبسطة لا تزيد عن 5.7%

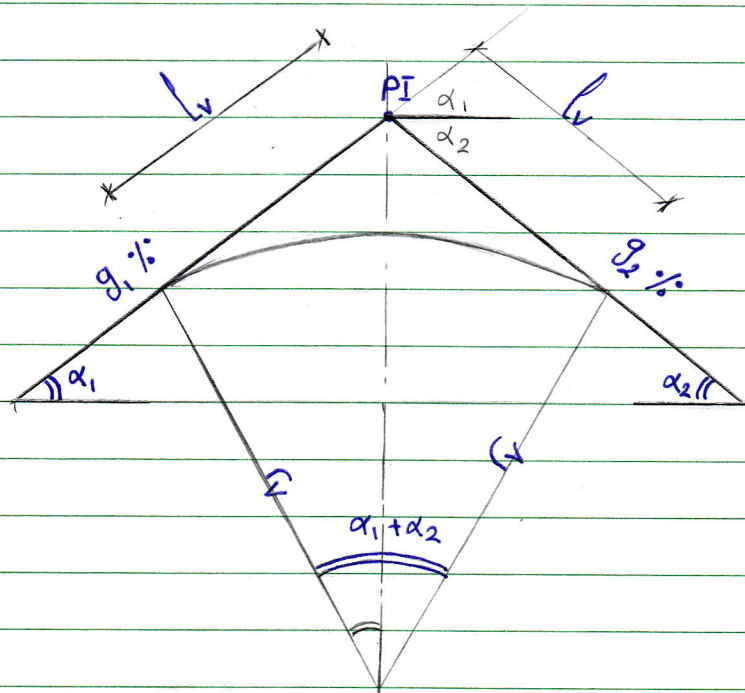
٣- في الأراضي ذات الطبيعة الجبلية لا تزيد عن 15.25%



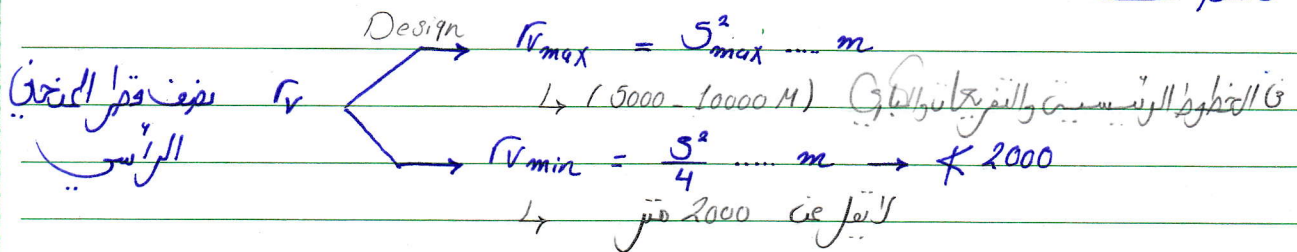
Date

No.

المنحنيات الرأسية vertical curves



عندما يكون لدينا عدة منحنيات رأسية تصل بين هذه المنحنيات.



$$L_v = r_v \tan \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)$$

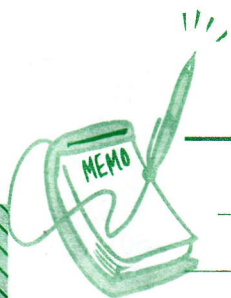
$\alpha_1, \alpha_2 \rightarrow \text{very small}$

$$= \frac{r_v}{2} \tan (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$= \frac{r_v}{2} (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2), \quad \tan \alpha_1 = g_1\% \quad \tan \alpha_2 = g_2\%$$

$$= \frac{r_v}{2} \left| \frac{g_1}{1000} - \frac{g_2}{1000} \right|$$

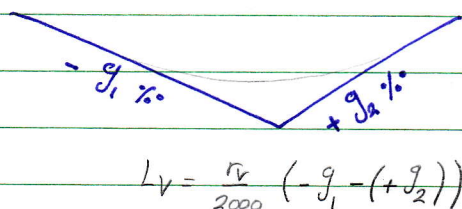
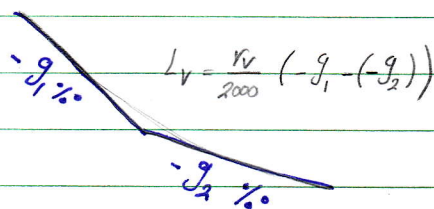
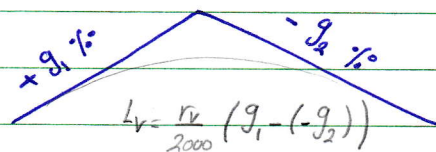
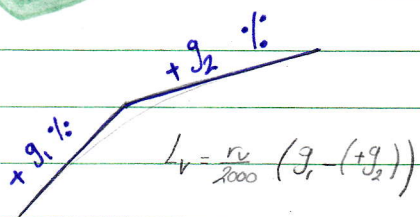
$$\therefore L_v = \frac{r_v}{2000} |g_1 - g_2| \quad \text{m}$$



Date

No.

* الأشكال المختلفة للميل



ونظراً لوجود احتمالات بأن ناتج الجمع الجبري لكل من g_1 و g_2 يساوي نتيجة سالبة تم وضع 1

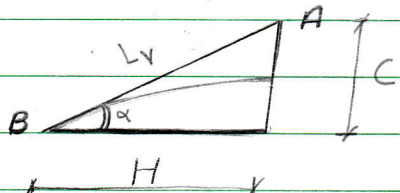
$$2 L_v = \text{طول المنحنى الرأسى} \therefore$$

$$y = \frac{x^2}{2 r_v}$$

* معادلة المنحنى الرأسى وحساب المناسيب ←

بفرض ان النقطة A معلومة المنسوب

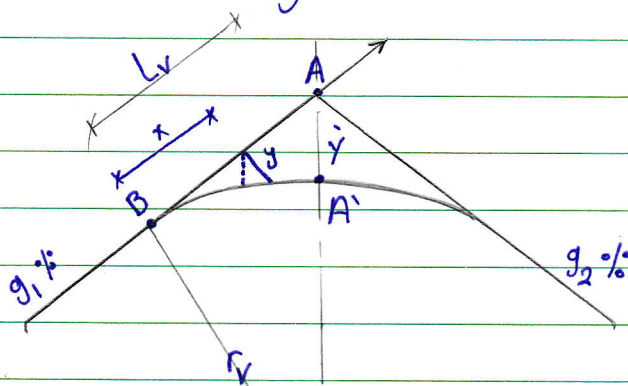
$$\nabla B = \nabla A - L_v \left(\frac{g_1}{1000} \right) = \nabla \rightarrow (1)$$



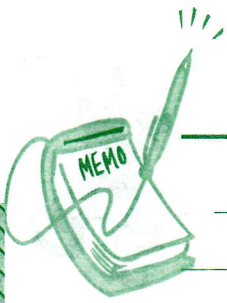
$$\tan \alpha = \frac{g_1}{1000} = \frac{C}{H}$$

H = Lv ← ايل مختلف

$$\therefore C = L_v \left(\frac{g_1}{1000} \right)$$



$$\begin{aligned} \nabla A' &= \nabla A - y' \\ &= \nabla A - \frac{L_v^2}{2 r_v} \rightarrow (2) \end{aligned}$$

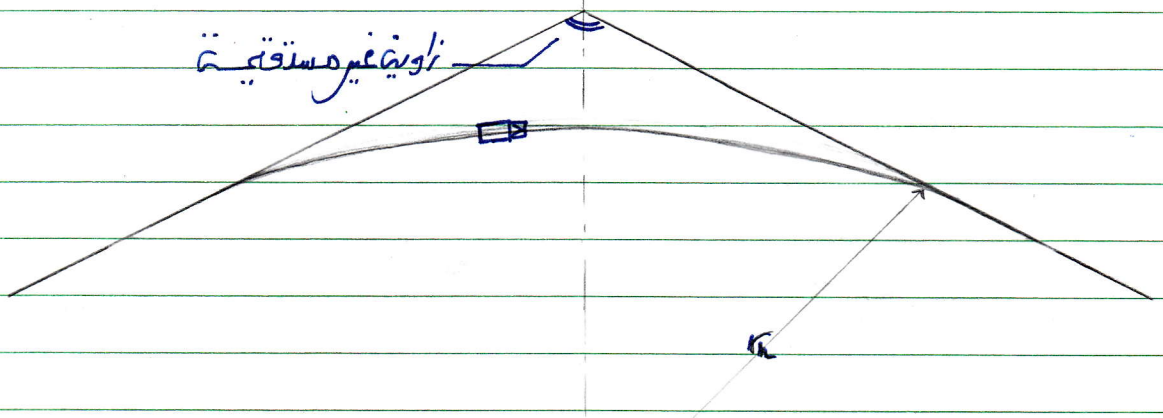


Date

No.

المنحنيات الأفقية Horizontal curves

* دراسة واتزان حركة القطارات على المنحنيات الأفقية



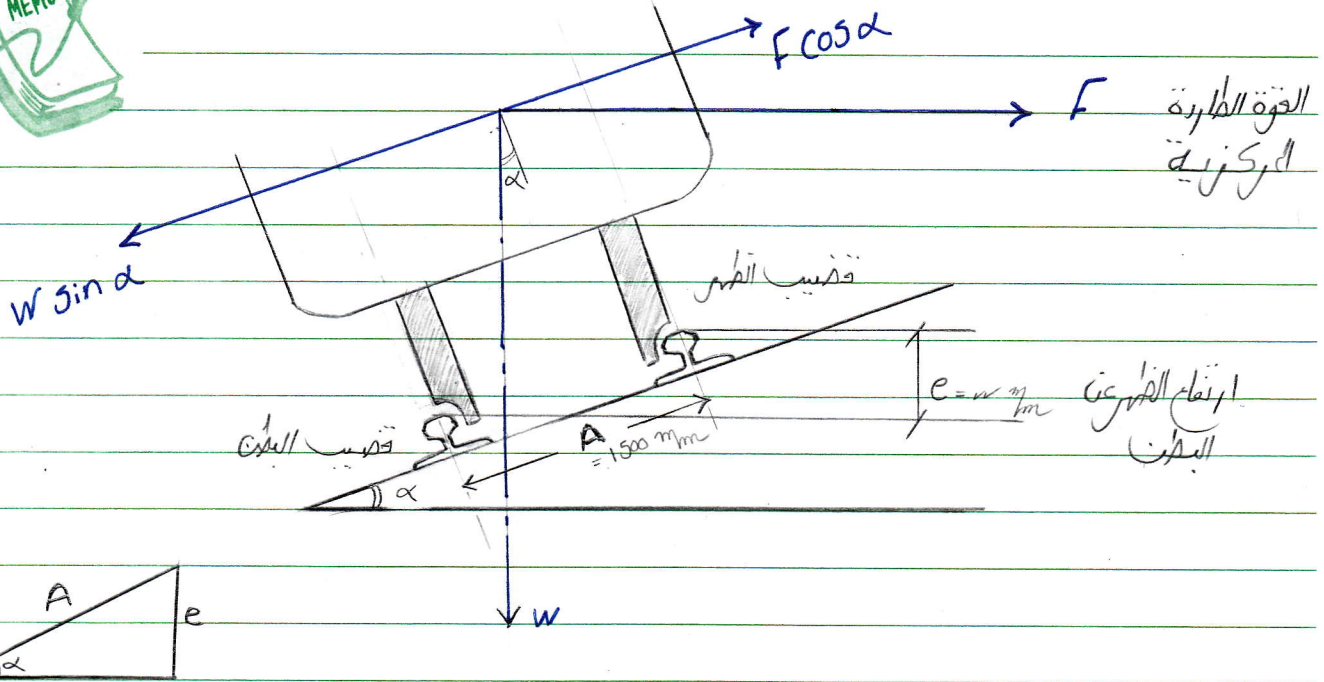
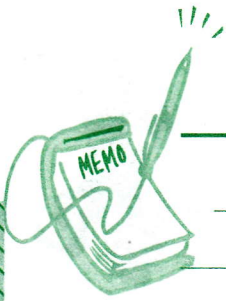
المنحني الأفقي يُظهر في المسقط الأفقي
بينها زاوية غير مستقيمة (عند حركتها تتغير في المسار)
(plan) حيث يمثل بين خطين

* يتحدد نصف قطر المنحني الأفقي r_h بحيث لا يقل عن الآتي

- $r_h \neq 500 \text{ m} \rightarrow$ الخطوط الطولية
- $r_h \neq 180 \text{ m} \rightarrow$ الحنازير
- $r_h \neq 300 \text{ m} \rightarrow$ الخطوط الفرعية

Date

No.



عند تحريك عربة وزنها w طن على منحني انحنى نصف قطره r_h بسرعة $S = 5 \text{ km/hr}$ تتعرض العربة لقوة طاردة مركزية F وتقليل لهذه القوة

(يتم رفع القصب الخارج عن الداخل بارتفاع e لتوليد قوة عكسية للداخل عن طريق مركبة الوزن)

$$F = \frac{m v^2}{r_h} = \frac{w}{g} \left(\frac{S}{3.6} \right)^2 \cdot \frac{1}{r_h}$$

القوة الطاردة المركزية

$$F \cos \alpha = w \sin \alpha$$

α is very small $\cos \alpha = 1$

$$\frac{w}{g} \cdot \frac{S^2}{12.96} \cdot \frac{1}{r_h} = w \frac{e}{A}$$

9.81 m/sec^2 1500 mm

$$\therefore \frac{e}{p} = \frac{11.8 S^2}{r_h} \dots \text{mm}$$

ارتفاع القصب عن
السطح بالم في الوقت
الحالي

$e_{\text{equi. design}}$

① عند سر جميع القطارات
بسرعات ثابتة
(قطارات الفواحي مستوية)

٥) في حالة سير القطارات بسرعات مختلفة (الخطوط الطولية)

نتيجة عدم ثبات السرعة تكون مركبة القوة الطارئة المركزية احيايا
اكبر من مركبة الوزن الداحل فتتولد عجلة عرضية حيث ان

$$\Delta F = F \cos \alpha - w \sin \alpha$$

α very small

$$F \cos \alpha = w \sin \alpha + \Delta F \quad M.a.$$

$\times g$

$$\frac{w}{g} \cdot \frac{v^2}{12.96} \cdot \frac{1}{r_h} = \frac{w}{A} + \frac{w}{g} \cdot a_0$$

العجلة العرضية

$$\frac{v^2}{12.96} \cdot \frac{1}{r_h} = g \cdot \frac{e}{A} + a_0 \rightarrow \textcircled{A}$$

$$\therefore a_0 = \frac{v^2}{12.96 \times r_h} - \frac{e}{153} \quad m/sec^2 \rightarrow \textcircled{A'}$$

from Eq. A

$$\therefore e = \frac{11.8 v^2}{r_h} - 153 a_0 \quad m \rightarrow \textcircled{2}$$

* حددت المرومفات العجلة العرضية a_0 بالقيم التالية

$$a_{0 \max} = +0.65 \text{ m/sec}^2 \rightarrow$$

العجلة للخارج - سرعات عالية

$$i.e. e = 80 \text{ mm}$$

وهو $v_{\max}$ الي

$$a_{0 \min} = -0.98 \text{ m/sec}^2 \rightarrow$$

العجلة للداخل - سرعات منخفضة

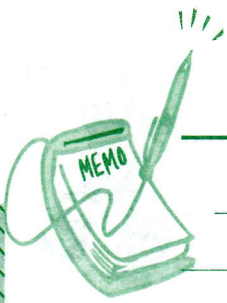
وهو $v = 0$ الي

وبالتعويض عن هذه القيم في المعادلة رقم (2)

$$e_{\min} = \frac{11.8 v_{\max}^2}{r_h} - 153(0.65) \Rightarrow \frac{11.8 v_{\max}^2}{r_h} - 100 \rightarrow \textcircled{3}$$

$$e_{\max} = \frac{11.8(0)}{r_h} - 153(-0.98) \Rightarrow 150 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{4}$$

$\rightarrow$ zero



Date

No.

ملاحظات عامة

① يتوقف ارتفاع الفهر عن البطن إلى أقل
نظراً

$$e = 136.54 \text{ m} \text{ من الحسابات}$$

$$e = 136 \text{ m} \text{ التنفيذية}$$

② $e \leq 20 \text{ m}$ وإذا كانت e أقل من 20 m لا يتم
تنفيذ ارتفاع الفهر عن البطن

عند سير القطارات بسرعات مختلفة (تؤخذ e و q القيمة لقطارنا الفرجي
والحضر)

$$\therefore e_p = \frac{8.5^2}{h} \text{ m} \rightarrow \textcircled{5}$$

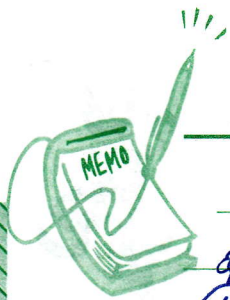
$e_{\text{normal design}}$

* ملحوظة :- يتوقف حساب $e_{\text{normal design}}$ ونظر التحويلين بقوتها في المحاكاة (A) لمحرفة نوع السير
حيث أن :-

- حالة السير بلس 0.35 m/sec^2

- حالة السير متوسط (خفيف) $0.35 > a_0 > 0.65$

- حالة السير الحرج $a_0 \geq 0.65$



Date

No.

ملحق القوانين

g. 1 $e_{\text{Present}} = \frac{11.8 S^2}{r_h} \dots m_h$

Equilibrium Design

→ قيمة التغير في العجلة العرضية
تتلاشى

عند سير جميع القطارات
بسرعات ثابتة
(قطارات الموازي وهنزوال انقاده)

g. 5 $e_{\text{Present}} = \frac{8 S^2}{r_h} \dots m_h$

normal Design

→ انما قيمة التغير في العجلة العرضية

عند سير القطارات بسرعات
متفاوتة (قطارات الموازي)

g. 2 check Equation for a_0 limits → Eq 5 $c = v_r$

$$e = \frac{11.8 S^2}{r_h} - 153 a_0$$

قانون عمل في حالة وجود عجلة عرضية

← العجلة العرضية

والتحقق من حدود السرعة من اليمين السابقة

$$a_0 = \frac{S^2}{12.96 r_h} - \frac{e}{153} \dots m/sec^2 \rightarrow (A')$$

g. 3 $e = \frac{11.8 S_{\text{max}}^2}{r_h} - 100$

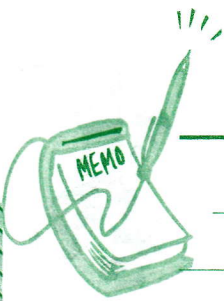
لحساب السرعة القصوى فالوقت الحالي

g. 4 $e = 150 = \frac{11.8 S_{\text{future}}^2}{r_h} - 100$

max allowed value

لحساب السرعة القصوى في المستقبل

في حالة وجود الحسابات تكون على الشكل r_h, r_{h2}, r_{h3} حيث ان Critical



Date

No.

مثال :-

خط مسكة حديد على منحني نصف قطره 700 m تسير عليه
القطارات بسرعة ثابتة 90 km/hr احسب قيمة e
الحل

$$e = \frac{11.8 v^2}{r_h} \\ e_{p, \text{des}} = \frac{11.8 \times (90)^2}{700} = 136.54 \text{ m} = 136 \text{ m}$$

انماصات على الخط السابق قطارات بسرعات مختلفة 60 < 120 km/hr

$$e_p = \frac{8 v^2}{r_h} = \frac{8(90)^2}{700} = 92.57 \text{ m} \approx 92 \text{ m}$$

normal design

* at $v = 120 \text{ km/hr} > 90$

من المتوقع ان تكون +ve value $v \leftarrow a_0$

$$e = \frac{11.8 v^2}{r_h} - 153 a_0$$

$$92 = \frac{11.8(120)^2}{700} - 153 a_0 \Rightarrow \therefore a_0 = 0.98 \text{ m/sec}^2 > 0.65$$

← حالة سير حرج

* at $v = 60 \text{ km/hr} < 90$

من المتوقع ان تكون -ve value $v \leftarrow a_0$

$$92 = \frac{11.8(60)^2}{700} - 153 a_0$$

$$= -0.20 \text{ m/sec}^2$$

احسب v_{max} التي تستطيع القطارات السير بها على هذا المنحني في الوقت الحالي
في حالة السير الحرج

$$e = \frac{11.8 v_{max}^2}{r_h} - 100 \\ 92 = \frac{11.8(v_{max}^2)}{700} - 100 \Rightarrow \therefore v = 106.72 \text{ km/hr}$$

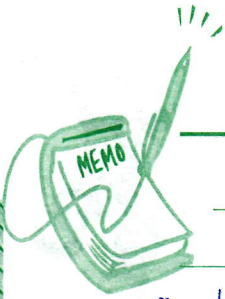
ولحساب السرعة القصوى في المستقبل

$$150 = \frac{11.8(v_{max}^2)}{r_h} - 100$$

$$\therefore v = 121.78 \text{ km/hr}$$

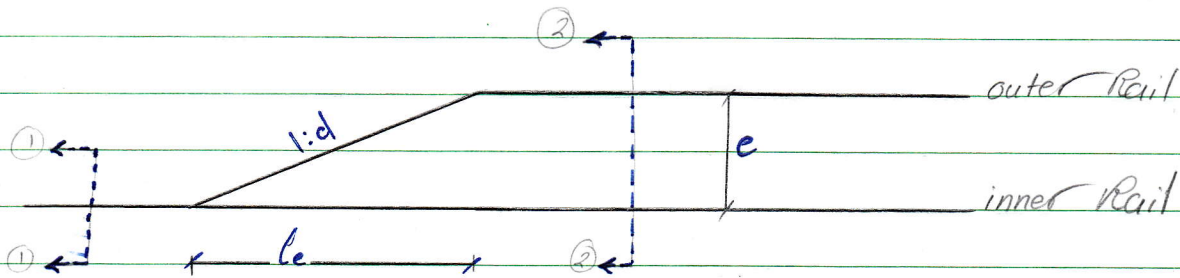
نهاية الحاضرة (7)

Eng. M. Youssef



منحدر ارتفاع الظفر عن البطن

بسبب مرور القطار على منحدر يتولد قوة طاردة مركزية ولتقليل تأثيرها يتم رفع القضيب الخارجي عن الداخلي بمسافة e ولا يحدث ذلك فجأة بل يتغير بمسافة le بانحدار يسمى منحدر ارتفاع الظفر عن البطن



$$d = 105 \quad \& 400$$

$$le = \frac{ed}{1000}$$

عند التصميم وحساب قيمة le يكون على أساس المستقبل حيث أنه عندما تزداد قيمة e أو d في المستقبل لا يتغير تحت القضيب وزيادة طولها

$$\therefore le_{future} = \frac{105r_e}{1000} \text{ m}$$

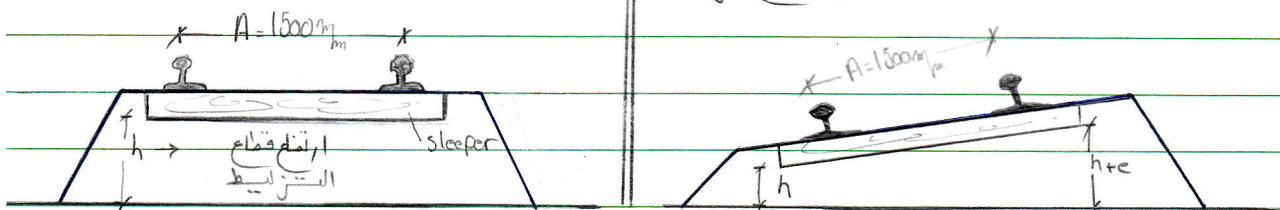
r_e السرعة في المستقبل
 e_f ارتفاع الظفر عن البطن

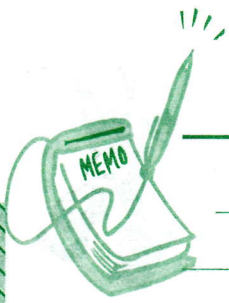
بينما عند التنفيذ تكون $e = e_p$ وعندما يحدث في المستقبل زيادة في السرعة من S_{max} إلى S_{future} فيتم رفع وزيادة $e_p \leftarrow e_f$ وذلك من خلال زيادة كمية الزلاط تحت القضيب الخارجي وهذه العملية سهلة التنفيذ

sec ①-①

sec ②-②

ارتفاع وقطاع التزليق يساوي من أدنى نقطة



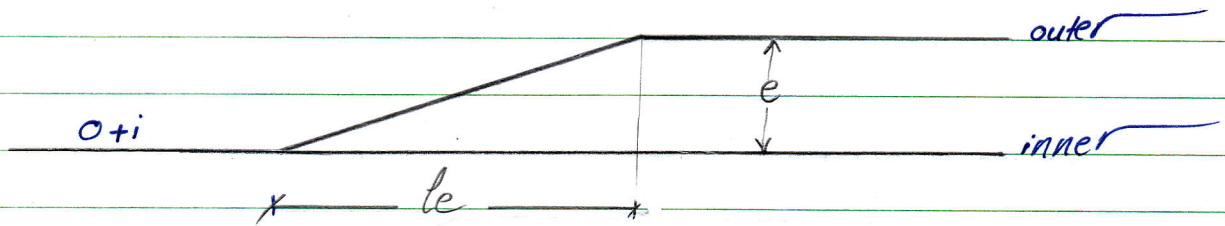


Date

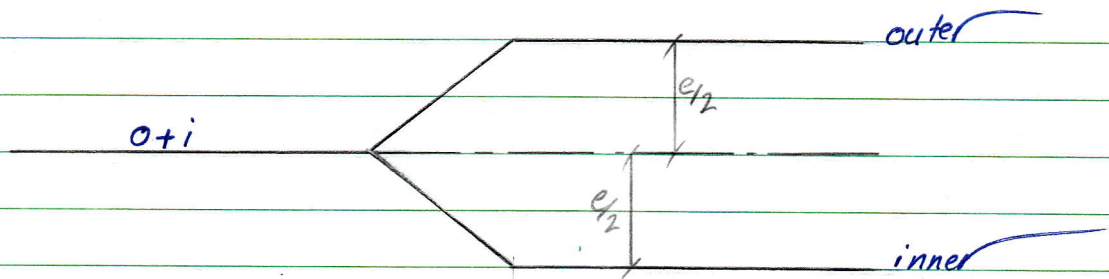
No.

طرق تنفيذ ارتفاع القوس من البطن (سؤال نظري مراف)

١. رفع القوس الخارجي بقيمة (e)



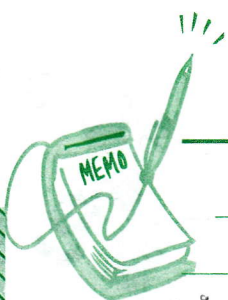
٢. رفع القوس الخارجي بقيمة e_2 وخفض القوس الداخلي بقيمة e_2



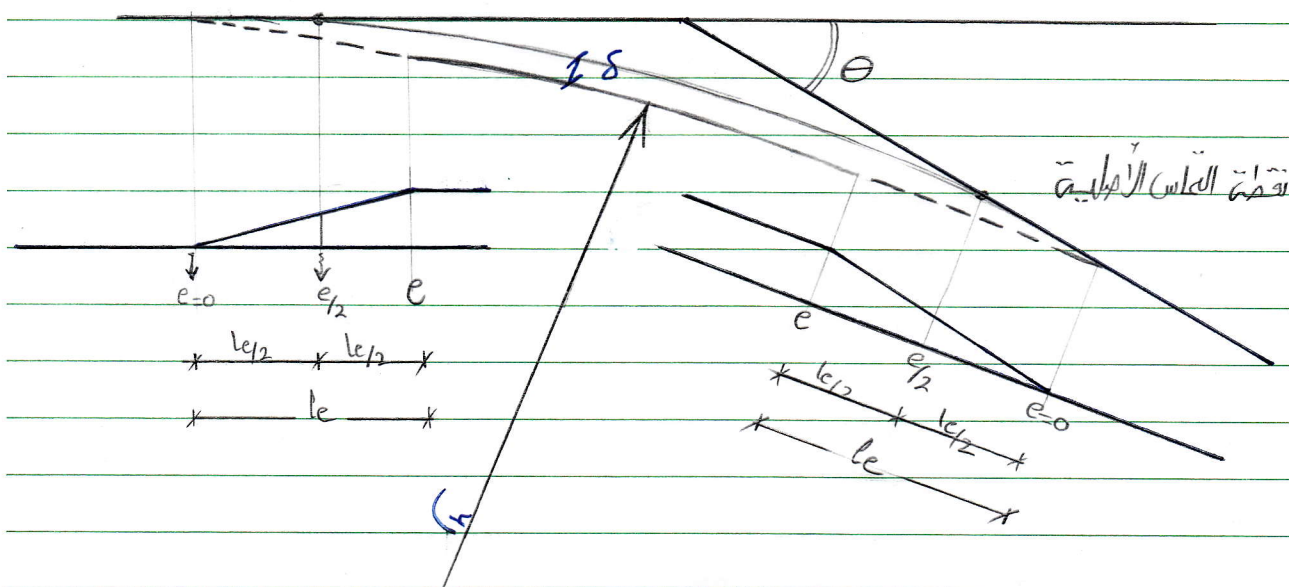
٣. خفض القوس الداخلي بقيمة e



• يتم استخدام الطريقة الأولى فقط في رفع القوس من البطن بالقيمة (e)

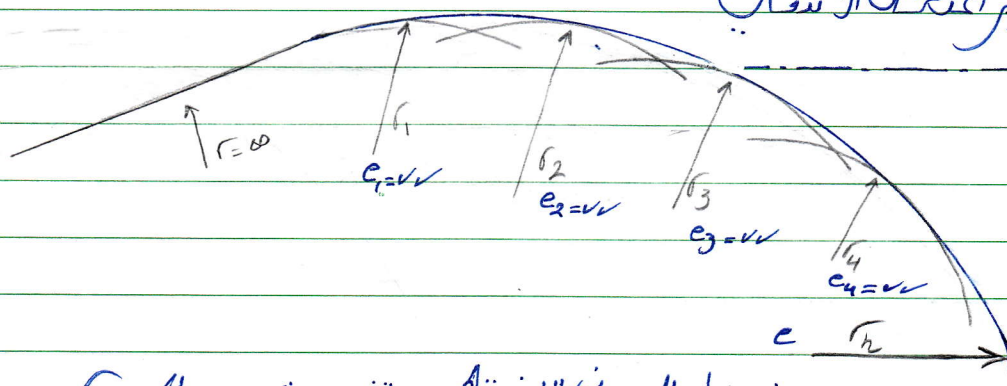


تَقْوَمُ الْقَاسُ الْأَهْلِيَّةُ

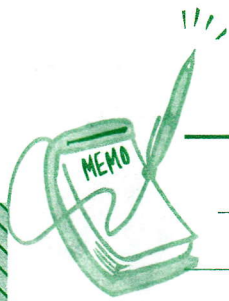


- هو المسقط الأفقي للمنتحى، ارتفاع الظاهر عن الباطن
- يربط بين الجزئ المستقيم و المنتحى في من الخوا
- يتم خلاله تنفيذ ارتفاع الظاهر عن الباطن (e) تدريجياً "طبقاً" للزيادة التدريجية في القوي المطارة المركزية التي يتجر من لها القطر عند دخولها المنحى في

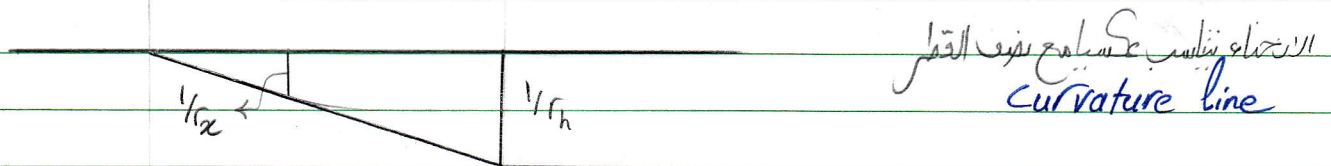
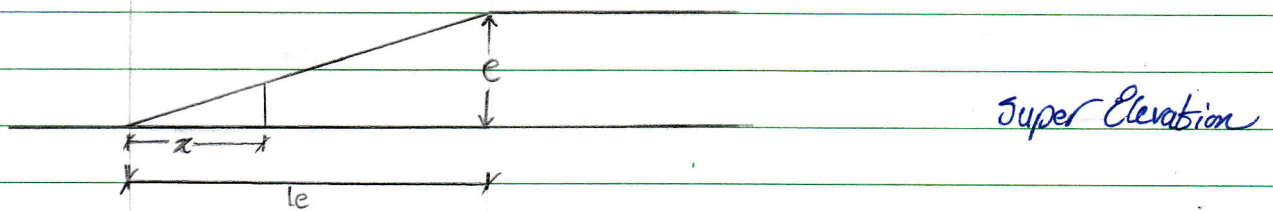
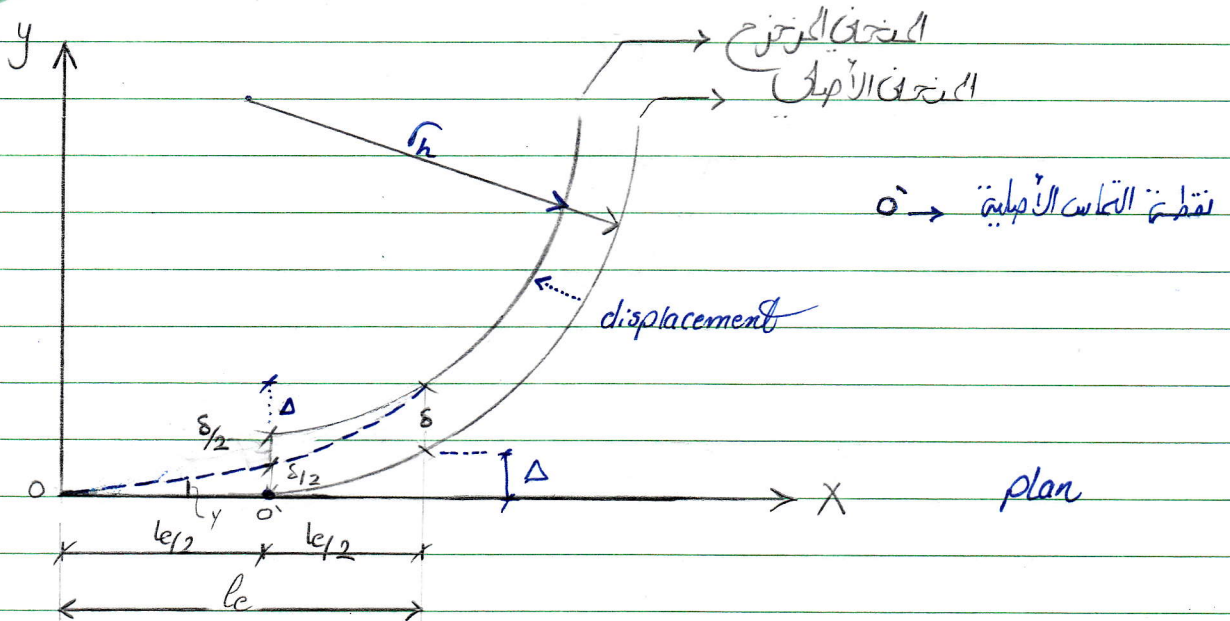
تکبير الحق في الانتقالي



- نصف قطر المذخائي الانتقائي متخير من ٥ إلى ١٠
- ٥ متر، تدريجياً بزيادة نصف القطر من ٥ إلى ١٠



* استنتاج معادلة المنحني الانتقال [توقع المنحني]



قيمة الارتفاع عند أي نقطة (المنحني)

$$\frac{1}{r_x} = \frac{d^2y}{dx^2} \rightarrow (1)$$

$$\frac{1/r_x}{1/r_h} = \frac{x}{l_e} \Rightarrow \frac{1}{r_x} = \frac{x}{r_h \cdot l_e} \rightarrow (2)$$

From (1) & (2) $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{x}{r_h \cdot l_e} \rightarrow$ integration $C_1 = 0$ ثابت في الجواب

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2r_h \cdot l_e} + C_1$$

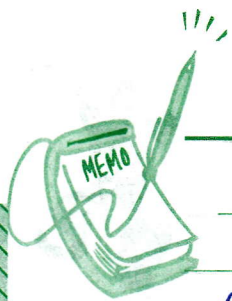
$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2r_h \cdot l_e}$$

Integration one more time

$$y = \frac{x^3}{6r_h \cdot l_e}$$

معادلة المنحني الانتقال

من نقطة تقاطع مسافة 'x' من بداية المنحني



Date _____

No. _____

$$y = \frac{x^3}{6r_h l_e}$$

اثبات قانون الزلزلة

at $x = l_e$

$$\therefore y = \frac{l_e^3}{6r_h l_e}$$

$$y = \frac{l_e^2}{6r_h} \rightarrow (3)$$

at $x = l_e$

$$y = \delta + \Delta$$

$$\therefore \delta = y - \Delta \rightarrow (4)$$

مناسبة السائل

$$\left(\frac{l_e}{2}\right)^2 = (2r_h - \Delta)\Delta$$
$$= 2r_h \Delta - \Delta^2$$

 Δ^2 is very small $\Delta^2 = \text{zero}$

$$\therefore \Delta = \frac{l_e^2}{8r_h} \rightarrow (5)$$

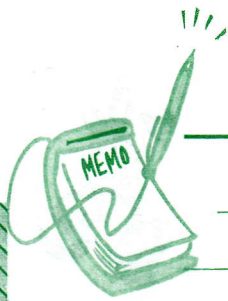
from (3), (5) into (4)

$$\therefore \delta = \frac{l_e^2}{6r_h} - \frac{l_e^2}{8r_h}$$

$$\therefore \delta = \frac{l_e^2}{24r_h} \dots m$$

at $x = \frac{l_e}{2}$

$$\therefore y = \frac{(l_{e/2})^3}{6r_h l_e} = \frac{l_e^2}{48r_h} = \frac{\delta}{2}$$



Date

No.

$$S = 90$$

مشار قطارات تسير بسرعات مختلفة
 $r_h = 700 \text{ m}$

$$e_{\max} = 150 \text{ m}$$

لأنه عند ذلك هذه القيمة يجب حساب r_{future}
 أو ذكر عبارة مع S لانه زيادة السرعة في المستقبل
 يجب حساب S_{future}

الخطوات حساب الآتي ① ② ③
 e, l_e, δ

عن التنفيذ
 يتم تنفيذ قيمة e الحالية
 e المستقبل
 δ المستقبل

الحل

$$① \quad e = \frac{8S^2}{r_h} = \frac{8(90)^2}{700} = 92.57 \approx 92 \text{ m}$$

$$② \quad l_e = \frac{10 S_p e_p}{1000} = \frac{10(90)(92)}{1000} = 82.8 \text{ m}$$

$$③ \quad \delta = \frac{l_e^2}{24 r_h} = \frac{(82.8)^2}{24 \times 700} = 0.40 \text{ m}$$

ولكن بما انه ذكر احد الحسابات اعلاه
 يجب حساب السرعة في المستقبل وإعادة الحسابات

$$e = \frac{11.8 S_f^2}{r_h} - 100 \rightarrow 150 = \frac{11.8 S_f^2}{700} - 100$$

$$\therefore S_f = 121.78 \rightarrow \approx 120 \text{ Km/hr}$$

$$\therefore l_{ef} = \frac{10 \times 120 \times 150}{1000} = 180 \text{ m}$$

$$\therefore \delta = \frac{(180)^2}{24 \times 700} = 1.92 \text{ m}$$

زيادة الحافة ⑧
 Eng/ A. Youssef

السؤال الأول

أ- بالإستعانة بـ كروكيات متقنة إثبت أن طول مماس منحنى الإستدارة الرأسي $L_v = (R_v / 2000) \cdot (g_1 - g_2)$

ب- إحسب البيانات الكاملة لتوقيع المنحني الرأسي الذي يصل بين ميلين رأسيين في كل من الحالات التالية علماً بأن السرعة المقررة علي الخط (90 Km / hr)

g_1 ‰	+ 9	- 5	- 6	- 8
g_2 ‰	- 4	- 3	+ 6	+ 2

السؤال الثاني

أ- بالإستعانة بـ كروكيات متقنة إثبت أن إرتفاع الظهر عن البطن المعادل $e = \frac{11.80 S^2}{R_h}$ (mm)

ب- خط سكة حديد طوالي تسير عليه قطارات ركاب بسرعة (100 Km / hr) ، فإذا علم أن السكة ذات اتساع عادي ، فالمطلوب حساب إرتفاع الظهر عن البطن المناسب لإتزان القطارات عند سيرها علي جزء دائري من الخط نصف قطره $R_1 = 1000$ m ، وإذا اضطررنا الظروف إلى تسير قطارات أسرع من (100 Km / hr) و قطارات أخرى أبطأ من ذلك فاحسب أقصى سرعة وأقل سرعة يمكن السماح بالسير بها علي المنحني المذكور إذا كانت أقصى عجلة عرضية مسموح بها هي ± 0.40 m / sec²

السؤال الثالث

أ- ما فائدة المنحني الإنتقالي بين الخط المستقيم و المنحني الدائري الأفقي في خطوط السكك الحديدية ؟

ب - منحني إنتقالي طوله $L_s = 120$ m يصل بين خط مستقيم و منحني دائري أفقي نصف قطره 600 m ، نقطة (A) تقع علي منحني الإنتقال المذكور علي بعد 90 m من بدايته ، والمطلوب :

١- حساب زاوية ميل مماس منحني الإنتقال عند نقطة (A)

٢- حساب الإحداثي (Y) لمنحني الإنتقال المذكور عند نقطة (A) .

٣- حساب نصف قطر الإنحناء لمنحني الإنتقال المذكور عند نقطة (A) .

٤- حساب الزحزحة (δ) بين الدائرتين الأصلية و الزحزحة . إرسم مسقطاً أفقياً للدائرتين و منحني الإنتقال المذكور مبيناً جميع البيانات و قيمة كل منها .

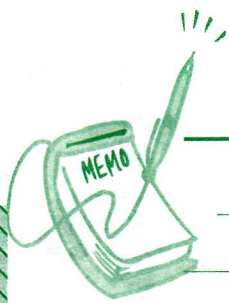
السؤال الرابع

أ- أذكر شرط تنفيذ المنحنيات الأفقية المختلفة علي خطوط السكك الحديدية بدون تنفيذ منحنى إنتقالي. وضح إجابتك مستعينا

بالرسم .

ب- منحنيان دائريان عكسيان أنصاف أقطارهما ($R_1 = 1000$ m , $R_2 = 1200$ m) يتصلان ببعضهما مباشرة بدون

منحني إنتقال فإذا علم أن هذين المنحنيين ينفذان بدون تعلية الظهر عن البطن فما هي أقصى سرعة يستطيع القطار السير بها في منطقة إتصالهما علماً بأن أقصى تغيير مفاجئ في عجلة الطرد المركزية المسموح بها هي 0.75 من أقصى قيمة لها.

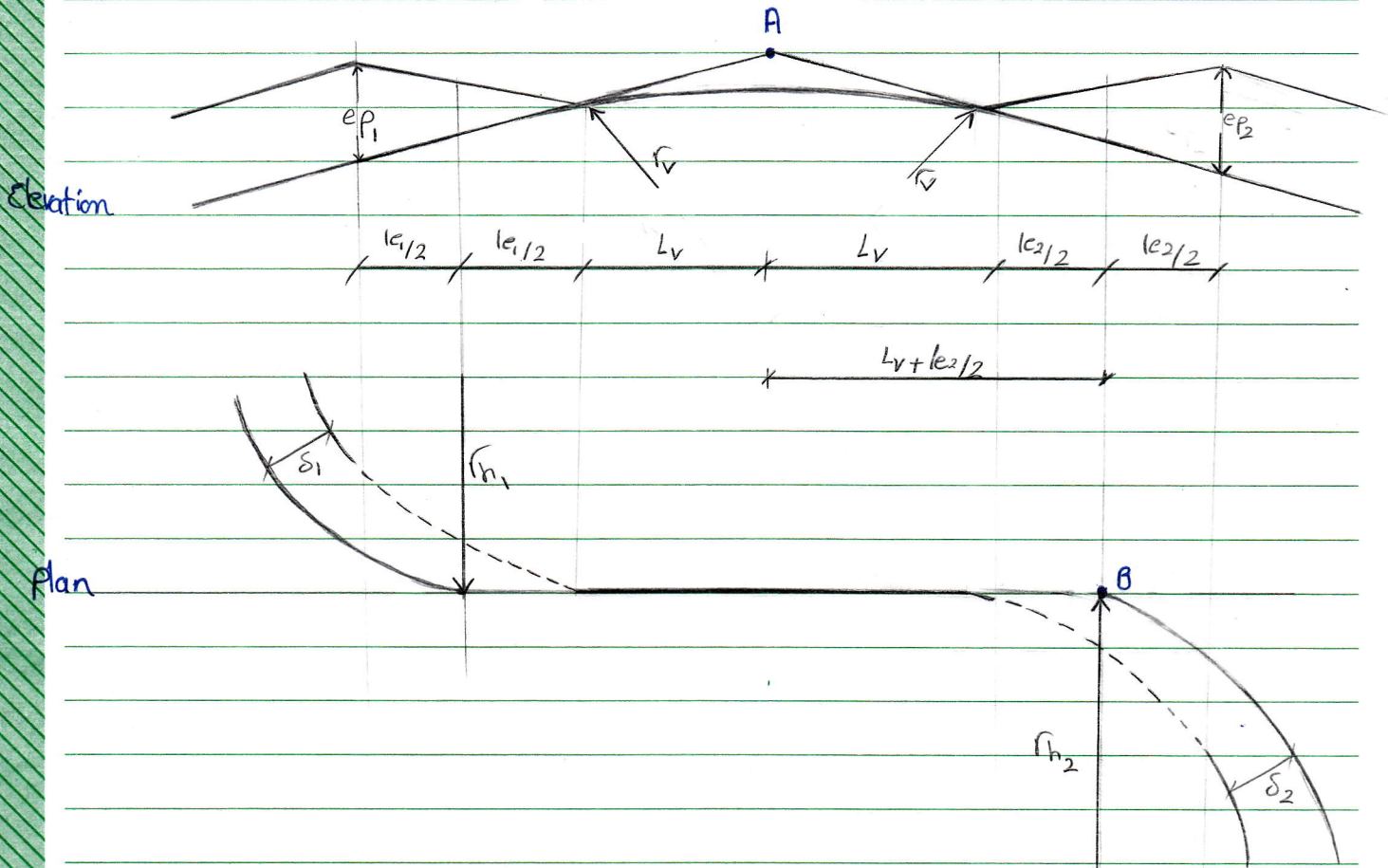


Date

No.

شروط وقوع منحني انتقال مع منحنى رأسي

① المنحنى الرأسي يقع بين منحنين عكسيين



نظراً لصعوبة التوافق بين مناسيب القوس عند تقاطع منحنى رأسي مع مناسيب القوس عند تقاطع منحنى ارتفاع ظهر من المنحنى (منحنى انتقال) فإنه لا يجب أن يقع المنحنى الرأسي مع المنحنى الانتقال

وشروط وجودهما معاً أن لا تقل المسافة بين نقطة تغير الميل النظرية [A] ونقطة التقاطع الأصلية [B] عن $L_v + l_{c/2}$ وذلك لأفضل مناسيب المنحنى الرأسي عن مناسيب ارتفاع الظاهر من البين

$$AB_{min} = L_v + l_{c/2}$$

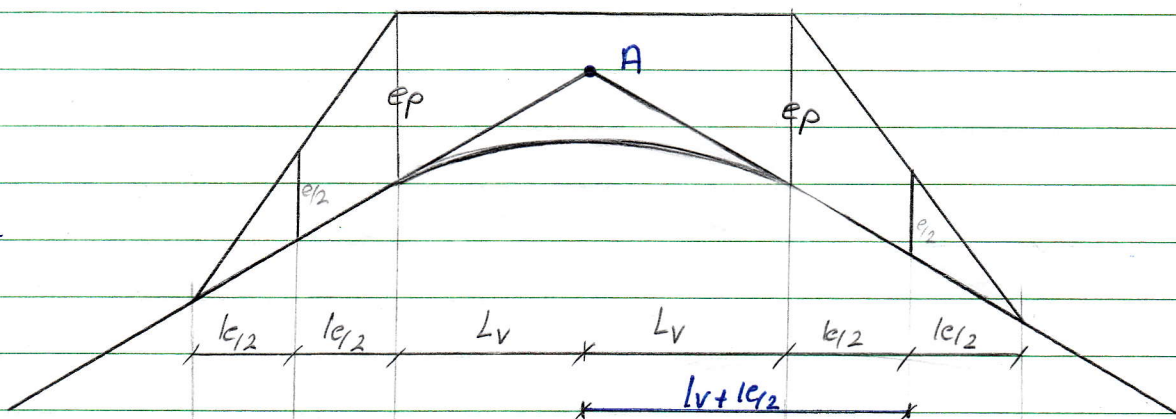


Date

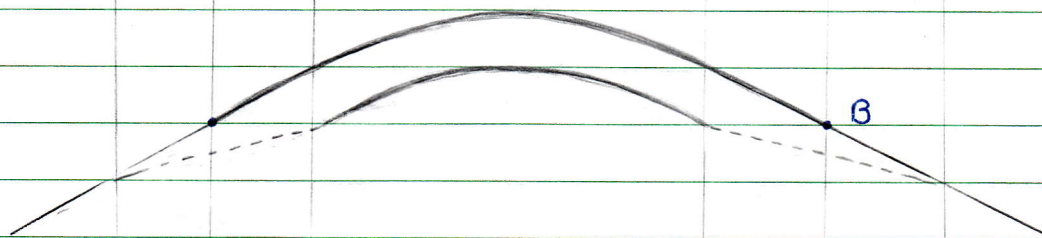
No.

ب) المنحنى الرأسى يقع مع المنحنى الأفقى (استخدامى)

Elevation



Plan



$$AB \geq L_v + \frac{l_c}{2}$$

Assume That it is e_f

$$e_{max} = \frac{11.8 \sigma_f^2}{n_1} - 100$$

$$150 = \frac{11.8 \sigma_f^2}{700} - 100 \Rightarrow \sigma_f = 120 \text{ km/hr}$$

$$\frac{e_{1p}}{e_{2p}} = \frac{e_f}{e_{2f}} \Rightarrow \frac{73}{56} = \frac{150}{e_{2f}} \Rightarrow e_{2f} = 115 \text{ m}$$

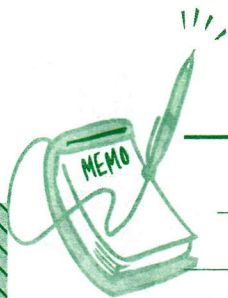
$$\therefore l_{c1} = \frac{10 \times \sigma_f \times e_{1p}}{1000} = \frac{10 \times 120 \times 150}{1000} = 180 \text{ m}$$

$$\therefore l_{c2} = \frac{10 \times 120 \times 115}{1000} = 140 \text{ m}$$

حل مثال الصفحة التالية

$$e_{1p} = \frac{8(80)^2}{700} = 73 \text{ m}$$

$$e_{2p} = \frac{8(80)^2}{800} = 56 \text{ m}$$



Date

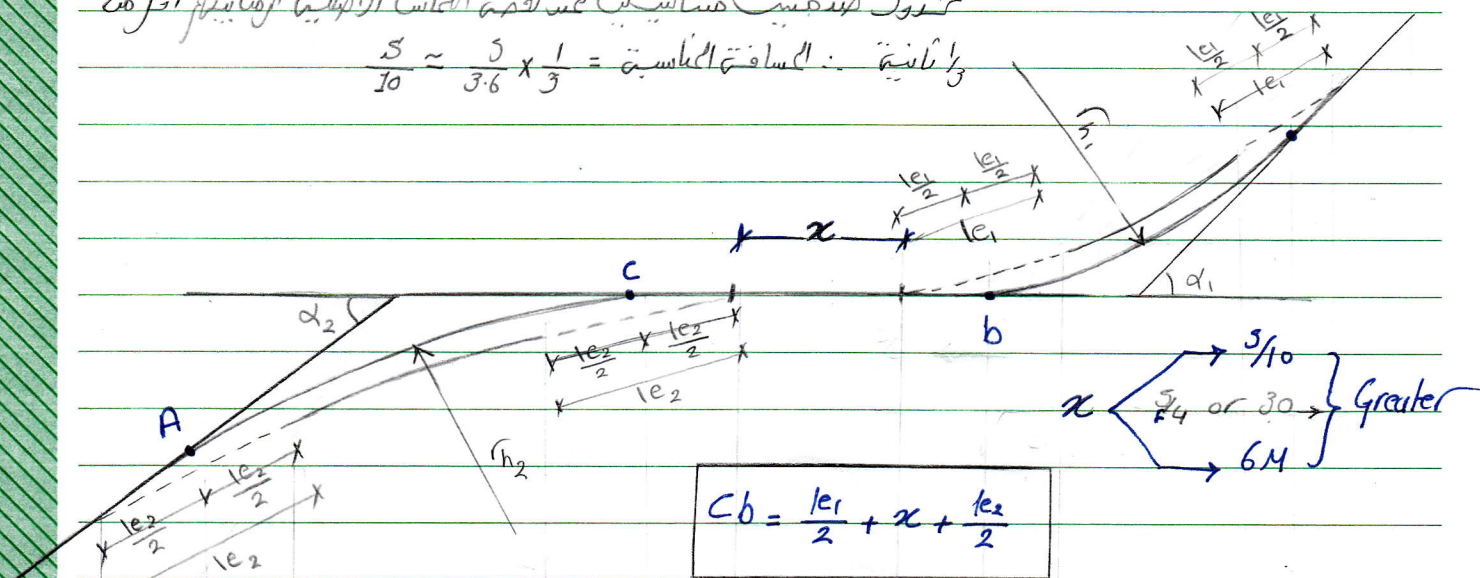
No.

* في حالة وجود منحني في لاب من طول مسافة مستقيمة بين المنحنيين

• سبب اختيار $\frac{S}{10}$ كحد أدنى للمسافة المستقيمة : انما من غير السبوح

حدوث صدمتين متتاليتين عند تقاطع التماس الزاوي بين المنحنيين

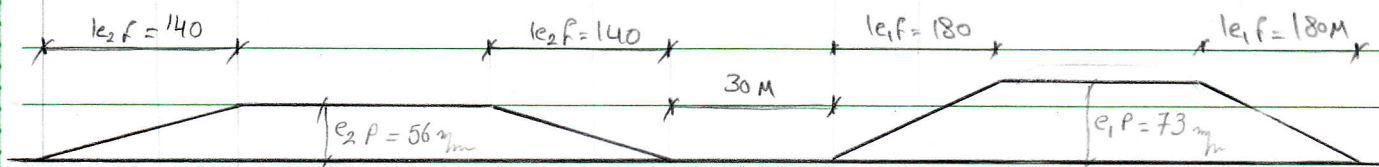
$$\frac{S}{10} \approx \frac{S}{3.6} \times \frac{1}{3} = \text{المسافة المناسبة}$$



• سبب اختيار 6M كحد أدنى للمسافة المستقيمة : لأنها أكبر مسافة بين ان منحنيين ونفسهم وجبور

منحنيين متتاليتين في انما واحد المنحنيين حتى لا يتقاطع المنحنيين

$$r_2 \times \left(\alpha_2 \times \frac{\pi}{180} \right) - l_2 = \text{طول المنحني AC}$$



$$\begin{aligned} r_1 &= 700 \text{ M} \\ r_2 &= 900 \text{ M} \\ S &= 80 \text{ KM/hr} \\ e_{\max} &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

solution page 53



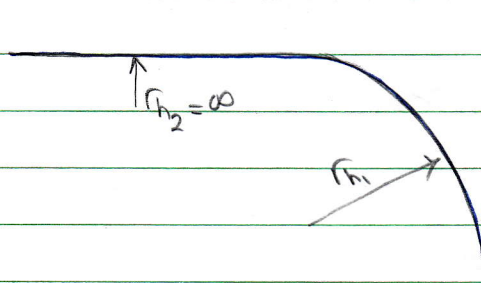
Date

No.

لا يتم تنفيذ ارتفاع ظهر عن بطن في الحالات الآتية :-

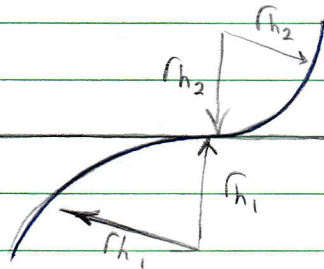
- عندما تقل e عن 20%
- في المنحنيات والقضبان والمخازن والأحواض
- في المنحنيات العكسية عندما لا توجد مسافة مستقيمة بينها

أنواع المنحنيات في حالة عدم تنفيذ



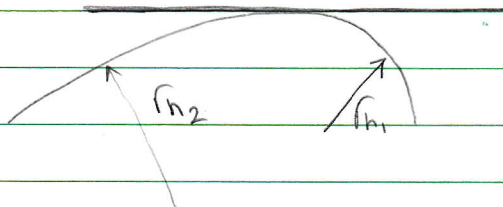
① المنحنى البسيط
(Simple curve)

$$\frac{1000}{r_h} \leq \frac{9000}{5^2} \cdot \frac{\Delta a_0}{0.7}$$



② منحنى عكسي
(Reverse curve)

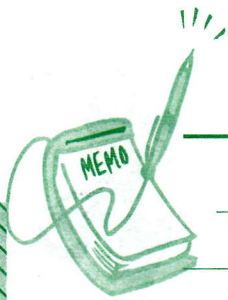
$$\frac{1000}{r_{h1}} + \frac{1000}{r_{h2}} \leq \frac{9000}{5^2} \cdot \frac{\Delta a_0}{0.7}$$



③ منحنى مركب
(Compound curve)

$$\frac{1000}{r_{h1}} - \frac{1000}{r_{h2}} \leq \frac{9000}{5^2} \cdot \frac{\Delta a_0}{0.7}$$

* أقصى قيمة للتغير في العجلة العرضية $(\Delta a_0) = 0.7 \text{ m/s}^2$
 * في حالة عدم ذكر معلومات عن $\Delta a_0 \leftarrow$ تأخذ 0.7 m/s^2



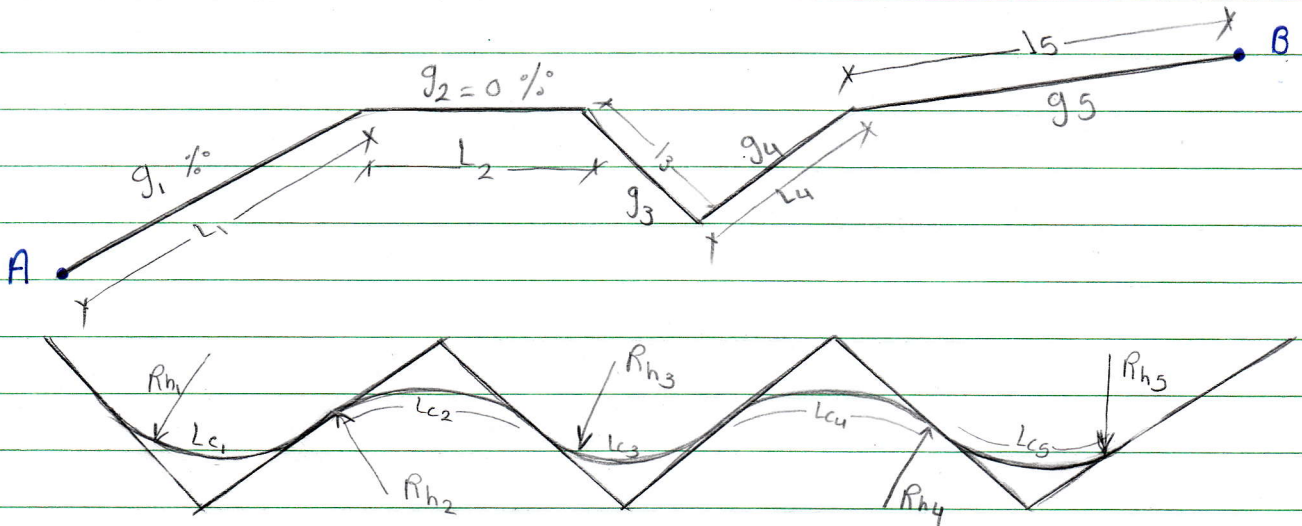
Date

No.

(virtual length)

الطول الوهمي

المسألة: إيجاد طول الجسر على خط موزونة من المقاومات (R_c, R_g) وفائدة 3 المقارنة بين الخطوط المختلفة والمحافظة بين مجموعة البائل



المقاومات الموزونة على أي خط R_c, R_g في المسألة من درجة R_{r+a} ونخرج على المسألة المسألة أفقي

$$L_{vir} = \frac{L * R_{r+a} + \sum L_c R_c + \sum L_g R_g}{R_{r+a}} \quad M$$

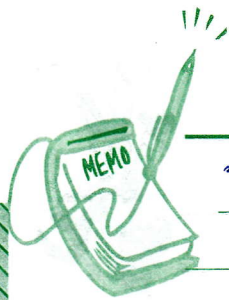
L :- طول الخط بين البائل

$$\sum L_c R_c : \rightarrow L_c R_{c1} + L_c R_{c2} + L_c R_{c3} + L_c R_{c4} + \dots$$

$$\sum L_g R_g : \rightarrow L_g R_{g1} + L_g R_{g2} + L_g R_{g3} + L_g R_{g4} + \dots$$

* يتم حساب الارتفاعات المائلة على أنها أفقية تماماً $R_g = 0$

$$L_{vir, mean} = \frac{(L_{vir, A \rightarrow B} + L_{vir, B \rightarrow A})}{2}$$



Date

No.

وإذا علمنا جميع العقليات من بياض أو كراب في الاتجاه الطالع "Cluptine"
وجميعها في الاتجاه النازل "Clobuntine"

فإن الطول الوحي المتوسط

$$L_{vir} = \frac{(L_{vir})_u \cdot C_{du} + (L_{vir})_d \cdot C_{dd}}{C_{du} + C_{dd}} \dots \mu$$

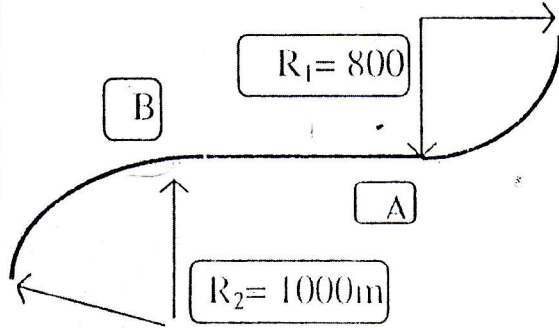
ملاحظات هامة
لحساب R_{ra} نستخدم J_{av}
 $\frac{L}{T} = J_{av}$
طول الخفا ←
زمن الرحلة ←

استاء المحاضرة والفصل الثاني

السؤال الخامس

أ- بين كيف تستنتج معادلة المنحنى الإنتقالي بين خط مستقيم و منحنى دائري أفقي في خطوط السكك الحديدية .
 ب- جزء من خط سكة حديد مفرد يتكون من منحنين بينهما مسافة قصيرة مستقيمة - فإذا علم أن القطارات ذات سرعات مختلفة وأن السرعة القصوى للخط (100 Km / hr) و أن أقصى ارتفاع ظهر عن بطن هو (150 mm) و المطلوب:

• حساب أقل مسافة (AB) بين نقطتي التماس الأصليتين للمنحنيين الدائريين الأفقيين ($r_1=800\text{ m}$, $r_2=1000\text{ m}$) بحيث تسمح في المستقبل بأقصى توسع لزيادة السرعة مستقبلا و بدون زحزحة المنحنيات الأفقية.



• إحسب الزحزحة (δ) اللازمة لتوقيع المنحنيات و مناسب و إحداثيات نقاط التماس و ارتفاع الظهر عن البطن عند النقطتين A, B علما بأن المنحدرات مستقيمة و أن السكة أفقية و منسوبها (8.00) فوق منسوب سطح البحر .

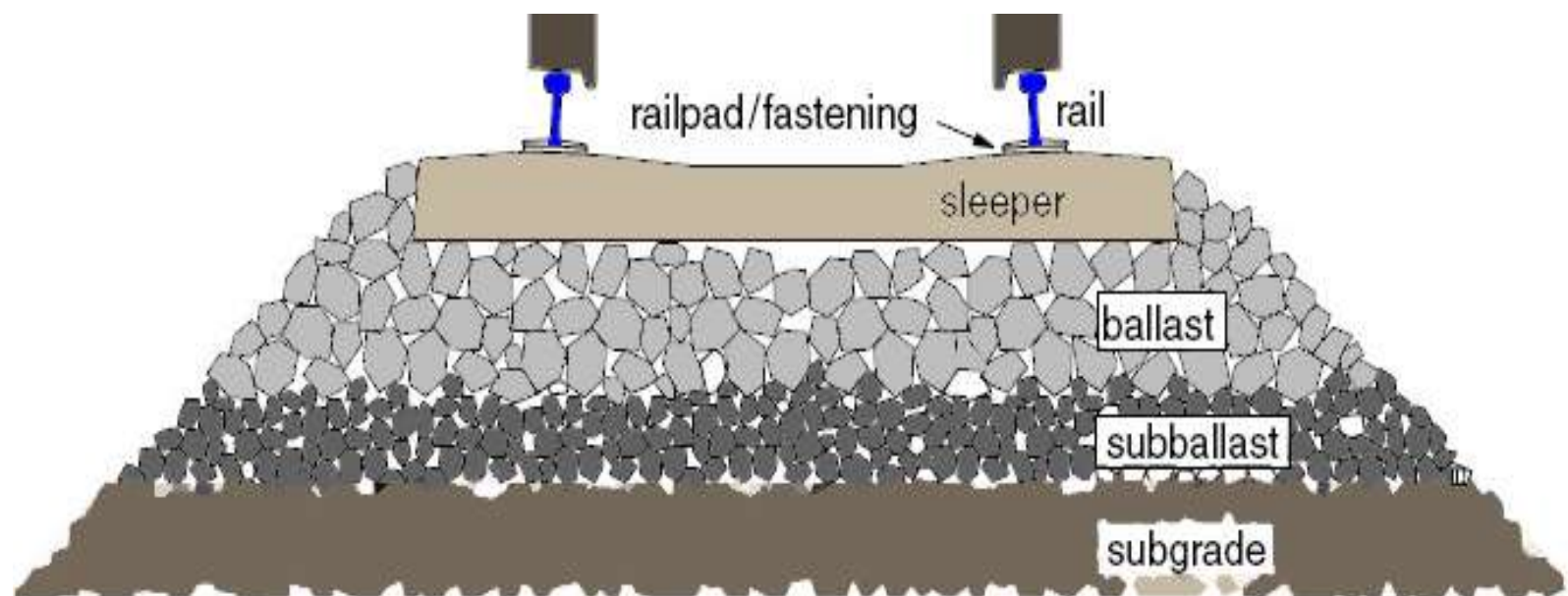
• ارسم مسقط أفقي وقطاعا طوليا للخط المذكور مبينا عليه كافة البيانات اللازمة.

السؤال السادس

أ- أذكر البيانات الواجب توضيحها على القطاعات الطولية لخطوط السكك الحديدية .
 ب- احسب الطول الوهمي المتوسط لخط سكة حديد مفرد (AB) طوله 18 Km بياناته كما يلي :

Kilometer	0.00	2.00	4.00	6.00	6.50	8.50	10.00	11.00	12.00	14.00	16.00	18.00
Track Level	30.00				56.00				56.00			70.00
Curv. line	A			C	D	100	E		125	50		B

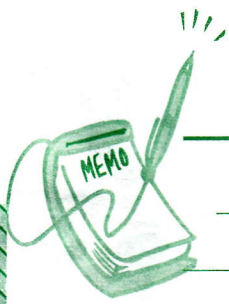
حجم النقلات في الاتجاه الطالع (AB) = 600,000 راكب سنويا ، 5 million ton سنويا وفي الاتجاه النازل (BA) = 450,000 راكب سنويا ، 3.75 million ton سنويا ، مقاومة السير والهواء النوعية لقطارات الركاب (4 kg/ton) ، لقطارات البضاعة = (5.50 kg/ton) ، المسافة بين المحاور الخارجية لعربة الركاب والمثبتة في إطار واحد = 2.50 m ولعربة البضاعة = 4.50 m



Chapter 3 ... الفصل الثالث

تصميم عناصر السكة

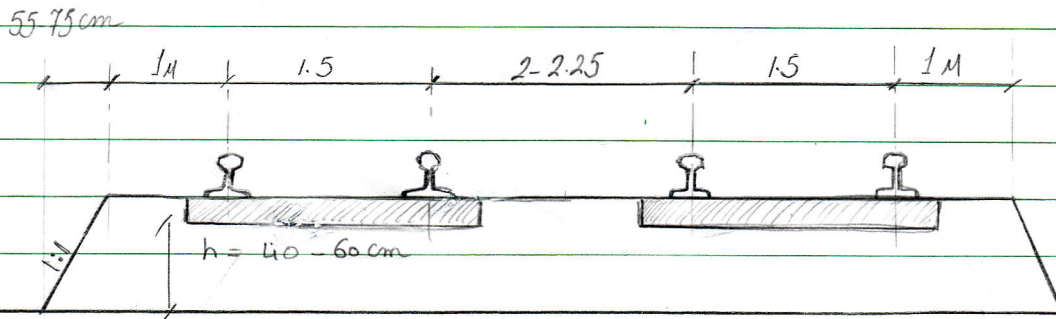
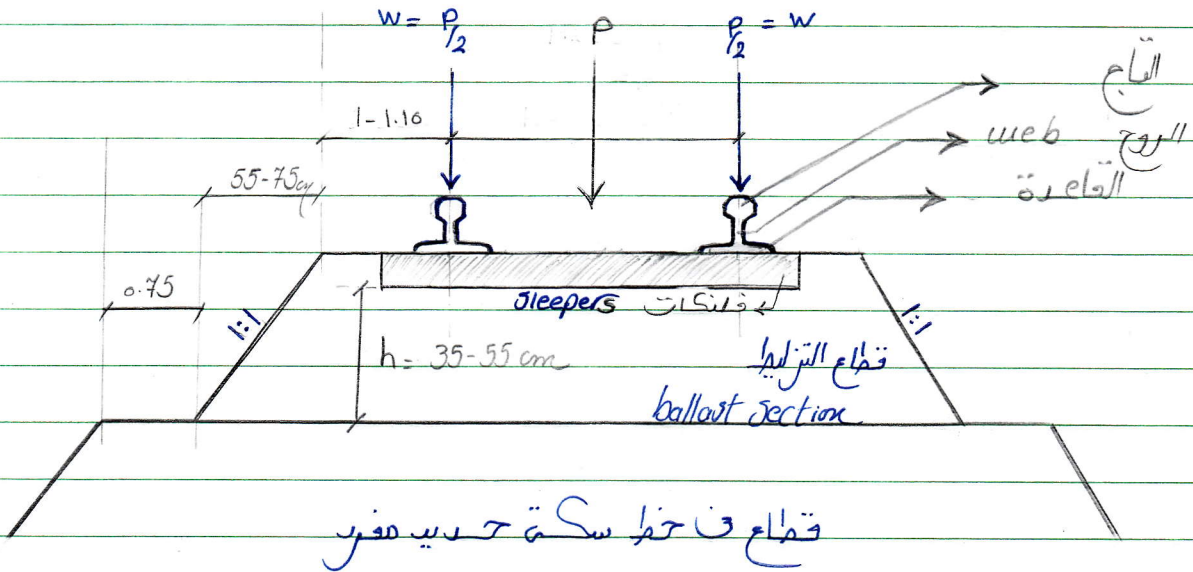
Railway Track Design



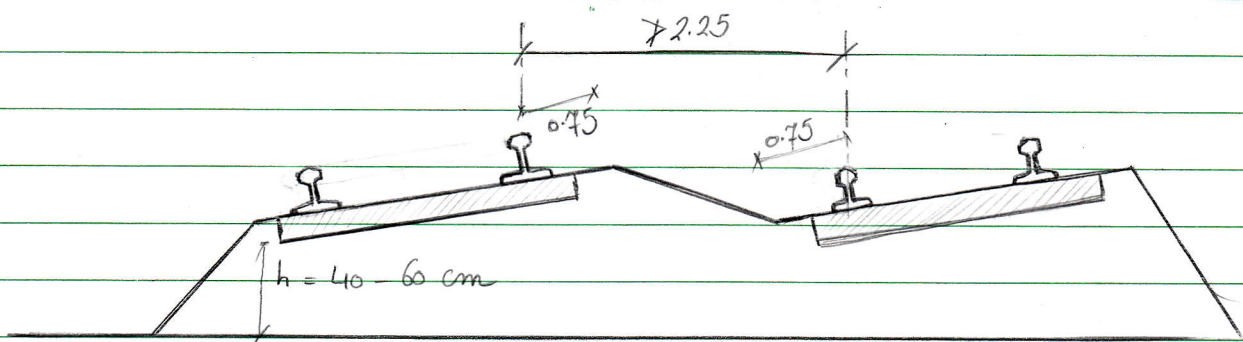
Date

No.

الباب الثالث تصنيف عناصر السكة



قطاع عرضي لخط سكة حديد مزدوج على جزء مستقيم من الخط



قطاع عرضي لخط سكة حديد مزدوج على جزء منحنى من السكة



Date

No.

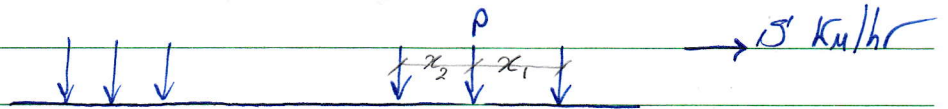
اولاً القصبان :- (طريقة يان)

$$① M = \alpha \cdot W \cdot \beta \cdot L_s$$

where

M :- moment Kg.cm الزوج الذي يتعرف لها القوس

α :- معامل يأخذ في الاعتبار قيمة الحمل السابق واللاحق



$$\alpha = 0.057 + \frac{(x_1 + x_2)}{2400}$$

x_1 & $x_2 \leq 280$

if x_1 & $x_2 > 280$

$\therefore$ Take $x_1 = 280$

$x_2 = 280$

$$\therefore \alpha_{max} = 0.057 + \frac{(280 + 280)}{2400} = 0.29$$

$W \rightarrow$ حمل العجلة = $\frac{P}{2}$ حيث ان P اكبر حمل متحرك
wheel load

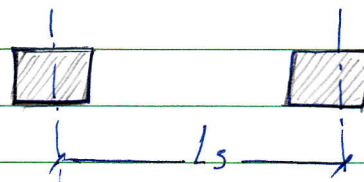
حساب قيمة اكبر حمل متحرك (في حالة عدم وجود احتداد المحاور)

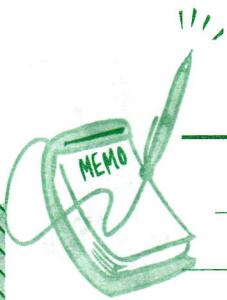
- $\left. \begin{array}{l} \text{وزن التجار على عدد محاوره} \\ \text{وزن الكرتية على عدد محاورها} \end{array} \right\}$ الاكبر

$\beta \rightarrow$ معامل التأثير الدينامي

$$\beta = 1 + \left(\frac{4.5 \times (S)^2}{(10)^5} \right) - \left(\frac{1.5 (S)^3}{(10)^7} \right) \rightarrow \text{Given}$$

$L_s \rightarrow$ تقسيم الفترات





Date

No.

$$② \quad Z = \frac{M}{f} * 1.25 \dots \text{cm}^3$$

M: moment متعرجة من اللفظة السابقة

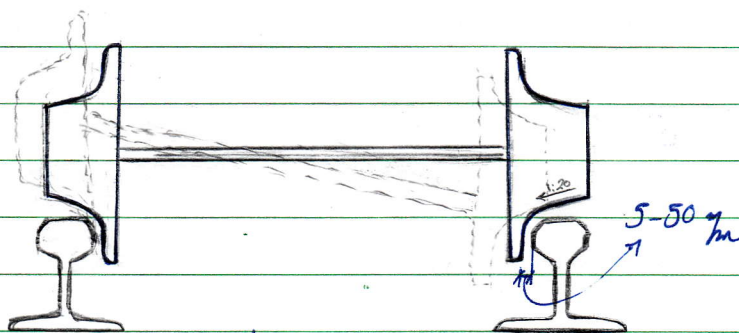
سكة حديد ذات طبقة أولى $\leftarrow S \geq 100 \quad 1500 \text{ Kg/cm}^2$
سكة حديد ذات طبقة ثانية $\leftarrow 100 > S \geq 60 \quad 1750 \text{ Kg/cm}^2$
سكة حديد ذات طبقة ثالثة $\leftarrow S < 60 \quad 2000 \text{ Kg/cm}^2$

الاجهادات على القضبان

* ملحوظة: - (سرعة كبيرة - اجهاد كبير) - (تآكل كبير) - عمر او مدة قياة (أصغر)

* يقع اختيار نوع القضيب من الجدول بأختيار القيمة الأعلى مباشرة من σ المحسوبة لنقصت انه (safe)

* س.ح.م.ه من الجدول $\leftarrow$ سكة حديد مصر ووزن المتر المربع هو كجم



* فائدة متروية العجلة: - اعادة القطار الى وضع الاتزان الطبيعي بعد الخروج من المنحنيات الأفقية

* فائدة الخلوص (5-50 m): - تقلل من التآكل الحادث بين سفة العجلة والقضيب
- تقلل تأثير القوة الطاردة المركزية عند السرعات المنخفضة
استت لاث جز من هذه القوة في الحركة الجانبية خلال مسافة الخلوص



Date

No.

تحديد عمر القنبي

اقل قيمة Z مسموح بها

$$Z_{min} = \frac{M}{F} \text{ without } \times 1.25$$

i.e $Z = \frac{M}{F} \times 1.25 = 240 \text{ cm}^3$

from table $\Rightarrow Z = 255 \text{ cm}^3$

without $\times 1.25 \Rightarrow Z = 192 \text{ cm}^3$

عمر القنبي يتحدد بعد تناول قطعة

$$Z_1 = Z_0 - \frac{\Delta hr \cdot w_a + 0.53(hr - \Delta hr)}{30} \rightarrow \text{Given } \Delta \text{ ارتفاع}$$

where

Z_1 :- معامل مقاومة الانحناء بعد التآكل $\frac{M}{F}$ only without $\times 1.25$

Z_0 :- معامل مقاومة الانحناء قبل التآكل $\frac{M}{F}$ from table

Δhr :- قيمة التآكل في ارتفاع القنبي

w_a :- وزن الجذر الطولي من قطاع القنبي $\rightarrow$ table

hr :- ارتفاع القنبي $\rightarrow$ table

$$\Delta hr = v \cdot \eta_m$$

$$\text{عمر القنبي} = \frac{\Delta hr (\eta_m)}{\text{معدل التآكل السنوي}} = v \cdot \text{year}$$

Given $\leftarrow \frac{(\eta_m / \text{year})}{\text{year}}$

قطاعات القضبان الهامة المستخدمة في سكك حديد مصر

معامل	عزم	ارتفاع	ارتفاع	عرض	عرض	عرض	عرض	عرض	ارتفاع	مساحة	الوزن	نموذج
مقاومة	القصور	التاج	القاعدة	عرض	عرض	عرض	عرض	عرض	ارتفاع	المقطع	W_a	القضيب
الإحناء	الذاتي	h_{r1}	h_{r2}	W_{r1}	W_{r2}	W_{r3}	h_r	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/m)	
Z	I	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(Cm ²)		
١٨٧	١٣٤٥	٤٨	٢٤	٥٨	١٦	١١٢	١٤٠	١٤٠	١٤٠	٥٤,٥٠	١٢,٠٠	س ح م ٢٤
٢١٣	١٦٠٢	٥٣	٢٦	٥٨	١٦	١١٢	١٤٧	١٤٧	١٤٧	٥٩,٥٠	٤٦,٠٠	س ح م ٢٦
٢١٨	١٥٩٩	٤٤	٢٣	٦٨	١٥	١٤١	١٤١	١٤١	١٤١	٥٩,٨٤	٤٧,٠٠	س ح م ٢٧
٢٢٩	١٦٧٠	٤٧	٢٦	٦٧	١٥	١٢٥	١٤٥	١٤٥	١٤٥	٦٠,١٠	٤٧,٠٧	س ح م ٢٧
٢٥٥	٢٠٩٠	٤٩	٢٨	٦٦	١٥	١٤١	١٥٥	١٥٥	١٥٥	٦٦,٢٥	٥١,٨٩	س ح م ٢٢
٢٨٥	٢٢٩٧	٤٨	٢٣	٧٣	١٥	١٥٢	١٥٩	١٥٩	١٥٩	٦٩,٦٦	٥٤,٥٥	س ح م ٢٤
٢٧٩	٢١٢٧			٦٨,٦	١٦	١٤٠	١٥٩	١٥٩	١٥٩	٦٩,٦٦	٥٤,٥٣	دولي ٥٤
٣٣٦	٣٠٥٥			٧٠,٦	١٦,٥	١٥٠	١٧٢	١٧٢	١٧٢	٧٦,٨٦	٦٠,٣٤	دولي ٦٠

$$Z_t = Z_0 - \Delta h_r [W'_a + 0.53(h_r - \Delta h_r)] / 30 \quad cm^3$$

$$E = 2.15 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{معامل المرونة}) \quad \theta = 1.15 \times 10^{-5}, \quad (\text{معامل التمدد})$$

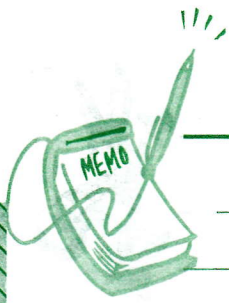
معامل التأثير الديناميكي

١- عند تصميم القضبان نستخدم معادلات شرام

$$\beta = 1.27 + \left(\frac{0.75 S^3}{10^7} \right) \quad \text{for } S > 140 \text{ km/h} \quad \beta = 1 + \left(\frac{4.50 S^2}{10^5} \right) - \left(\frac{1.50 S^3}{10^7} \right) \quad \text{for } S \leq 140 \text{ km/h}$$

$$\beta = 1 + (S - 5) \frac{6}{1000}$$

٢- عند حساب الضغوط والإجهادات داخل قطاع التريل



Date

No.

ملاحظات هامة

* اذا طلب في المسألة حساب الاجهادات القوي على القنبلية
(نوع القنبلية معطى)

$$f_{max} = \frac{M_{max}}{Z} = \text{vr kg/cm}^2 < f_{all.} \quad (o.k)$$

ببوصه $\times 1.25$

← هذا الجبرول

* اذا طلب في المسألة حساب الحمل الأقصى

← جبرول

$$M_{max} = \frac{(P_{max} Z)}{1.25} = \alpha_{max} \times W_{max} \times \beta \times L_s$$

← 0.29

$$P_{max} = W_{max} \times 2$$

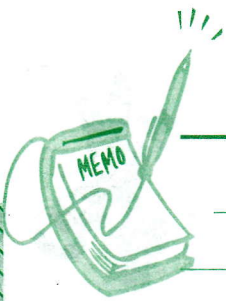
: اقصى حمل محمول

* ارسم نموذج لقطاع س.ج.م ٤٦ موضحاً عليه كافة ابعاد

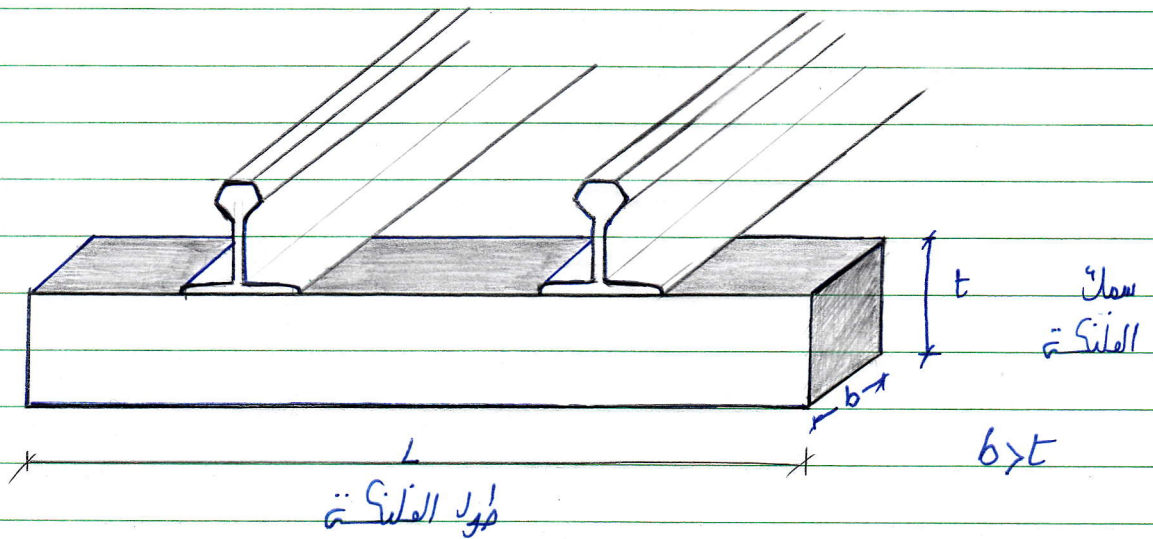
القطاع

Date

No.



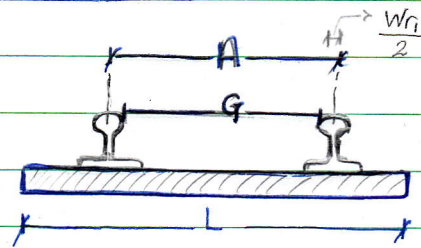
تصميم القضبان



فوائد القضبان :-

- ① حفظ مناسيب القضبان
- ② حفظ اتساع السكة
- ③ تحمل كوسط مرن لتقلل الاجرامات من القضبان إلى التزلا

$$\left(\begin{array}{l} L \times b \times t \\ 250 \times 25 \times 15 \\ \text{or} \\ 260 \times 26 \times 16 \end{array} \right)$$



$$L = 1.73 A \leftarrow \text{انما تكون المسألة}$$

$$A = G + W_r$$

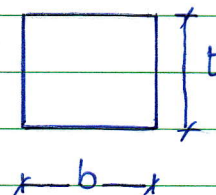
$$G = 1435 \text{ kg} \rightarrow \text{طول الـ}$$

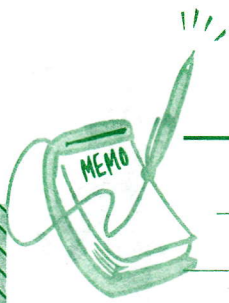
$$= 1000 \text{ kg} \rightarrow \text{متر}$$

$$Z = \frac{bt^2}{6}$$

$$b = 25-28 \text{ cm}$$

$$t = 15-17 \text{ cm}$$





Date

No.

$$M = \frac{w}{10} (L - A - a)$$

where M : العزم على الفلانة
 L : طول الفلانة
 w : حمل العجاجة
 A : امتداد السكة
 a : طول الوضاعة (تحت غير مباشر)

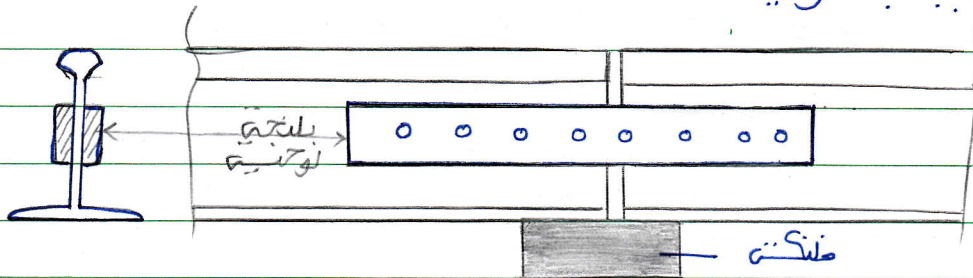
$$\rho = w \times 2$$

حمل التور

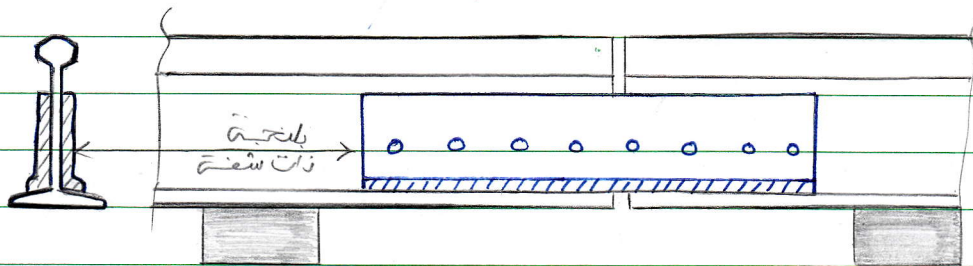
$$F = \frac{M}{Z}$$

إجهاد الفلانة

القضبان الموصولة
١. وصلة معلقة ببلنجة لوحية



٢. وصلة معلقة ببلنجة ذات شفت



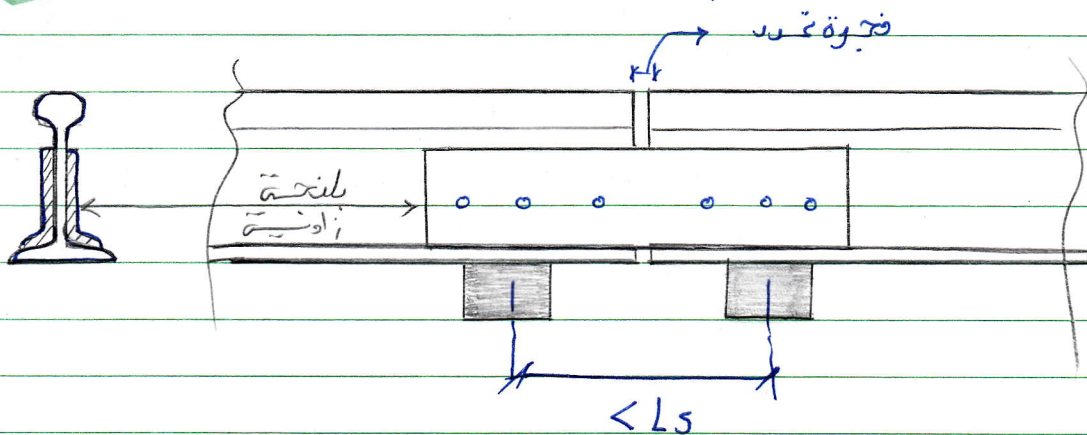
$\geq L_s$



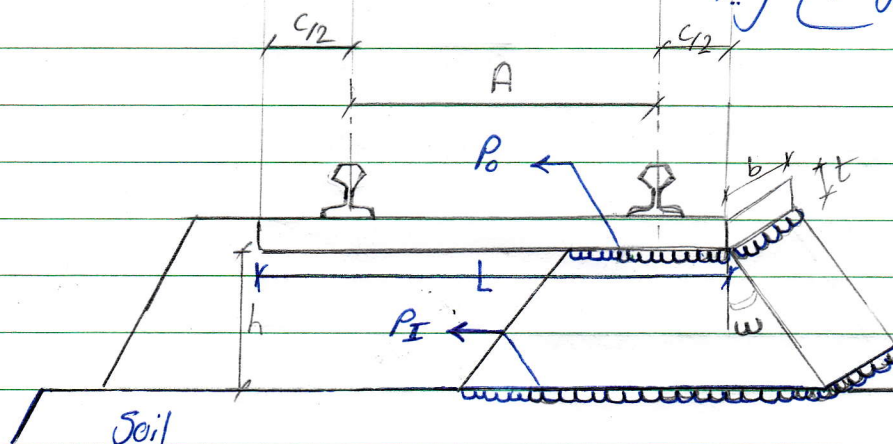
Date

No.

٣- وحدة منفصلة ببنية زاوية



حساب الاجهادات داخل قطاع التزليق



$C = L - A$
 $\beta =$ Given Rule
 if not
 $\therefore \beta = 1$

اولاً: - الاجهاد داخل قطاع التزليق اسفل الفيلد مباشرة (P_o) Kg/cm^2 (Contact area)

$$P_o = \frac{0.8 \times W \times \beta}{b \times C}$$

ثانياً: - الاجهاد داخل قطاع التزليق وعلى بعد h اسفل الفيلد (P_I)

$$P_I = \frac{1.2 \times W \times \beta}{h \times \tan \omega \times (3C + b)} \quad \text{Kg/cm}^2$$

$\omega = 45^\circ$ ← تربة جديدة
 $\omega = 35^\circ$ ← تربة رسيّة

الارتفاع h عند
 حساب الاجهاد

انتبه المحاضرة والباب الثالث

Good Luck
 Eng. A. Saad

التمرين الثالث - تصميم عناصر السكة

هندسة السكك الحديدية أشغ 404

السؤال الأول

أ- إرسم قطاعا عرضيا لخط سكة حديد مزدوج يقع على منحني نصف قطره ٧٠٠ متر إذا علم أن أقصى سرعة مسموح بها ١٢٠ كم / س وأبعاد الفلنكة ٢٦٠ × ٢٦ × ١٦ سم و تقسيط الفلنكات ٦٤ سم وارتفاع الجسر ٢ متر وسمك مادة التزليط ٤٠ سم والميول الجانبية الجسر ٣ : ٢ ولمادة التزليط ١ : ١

ب - إرسم قطاعا عرضيا في خط سكة حديد ذات إتساع عادي إتساعات السكة و قيم الخلوص المسموح بها بين شفة العجلات و حافات سير القضبان موضعا جميع البيانات . ثم أذكر فوائد الخلوص و فوائد مخروطية العجلات ١ : ٢ و إمالة القضبان للداخل .

ج- المطلوب إختيار قضيب فينول ليناسب خط سكة حديد من الطبقة الثانية ذات إتساع عادي علما بأن أقصى سرعة للقطارات ١٠٠ كم / ساعة و أقصى وزن محور مار (٢٢ طنا) و تقسيط الفلنكات = ٦٥ سم والبعد بين محاور العجلات المارة أكبر من ٢٨٠ سم

السؤال الثاني

إحسب مدة بقاء قضيب فينول ٥٤ ك في كل من السكك التالية إذا علم أن تقسيط الفلنكات ٦٥ سم والبعد بين محاور العجلات ٢٢٠ سم وبيانات السكك الثلاث كما يلي :

الطبقة	السرعة (كم / ساعة)	الوزن الواقع على المحور (طن)	متوسط التآكل (مم / سنة)
أولى	١٤٠	٢٥	١,٢٠
ثانية	١٠٠	٢١	٠,٩٠
ثالثة	٧٠	١٧	٠,٧٠

السؤال الثالث

أ-المطلوب حساب سمك مادة التزليط إذا علم أن القضبان فينول ٥٢ ، الفلنكات خرسانية سابقة الإجهاد بطول ٢٦٥ سم وعرض متوسط ٢٥ سم وتقسيط الفلنكات ٦٥ سم وأقصى وزن محور = ٢٢ طن وأقصى سرعة = ١٤٥ كم/س و أساسات السكة ترابية وتتحمل ضغطا حتى ١,٨ كجم/سم^٢ .

السؤال الرابع :

قطار ركاب سرعته ١٢٥ كم/س وزن كل عربة من عرباته ٥٠ طن (٤ محاور) والقاطرة (A1A-A1A) وزنها ٧٥ طن المطلوب حساب الإجهادات التي تتولد في الفلنكات نتيجة مرور هذه القطارات علما بأن الفلنكات خشبية مقاسها ١٥×٢٥×٢٦٥ سم وعرض الوسادة المستخدمة ٢٣ سم .

السؤال الخامس

سكة ذات اتساع واسع ١٧٥٢ مم مركبة على فلنكات خشبية تقسيطها ٦٥ سم وأقصى وزن محور مار هو ٢٢ طن بسرعة ٤٠ كم/س - سمك مادة التزليط المستعملة ٣٥ سم تحت منسوب قاع الفلنكة والمطلوب :-
أ- إختيار أنسب قضيب من القضبان المركبة في س.ح. م يصلح لهذه السكة - المسافة بين محاور العجلات = ٣ متر - ثم احسب كذلك أقصى تأكل مسموح به للقضيب في هذه السكة .
ب- أقصى إجهاد إنحنائي بالفلنكة في حالة إستعمال وسائد طولها ٣٦ سم .
ج- حساب أقصى إجهاد ضغط على سطح أساس السكة المذكورة إذا علم أن مادة التزليط جيدة جدا .

السؤال السادس :

قطار ركاب سرعته ١٢٠ كم/الساعة مكون من ١٠ عربات وزن كل منها ٦٠ طن (٤ محاور) تسحبه قاطرة C-C وزنها ١٣٢ طن تسير على خط تقسيط الفلنكات عليه ٦٥ سم . المطلوب إيجاد الضغط الرأسي الأقصى عند عمق ٣٠ سم أسفل محور الفلنكات نتيجة للأحمال الرأسية الناتجة عن مرور هذا القطار علما بأن الفلنكات مقاسها ١٦×٢٥×٢٦٠ سم .